

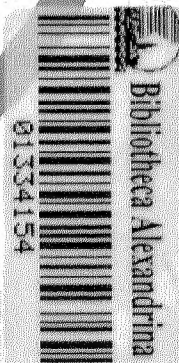
الجغرافيا الطبيعية

أشكال سطح الأرض

دكتور
عبد العزيز طريح شرق
م. علم الأرض محمد بن سعود
المملكة العربية السعودية



مؤسسة الثقافة - قومية
٤٠ شارع سويفر - الإسكندرية
تليفون: ٢٩٢٢٩



الجغرافيا الطبيعية

أشكال سطح الأرض

دكتور
عبد العزيز طريح شرف

مؤسسة الثقافة الجامعية
٢٠١٩٢١ م

الفهرس

الصفحات

٢ - ١

تقديم

الباب الاول

٢٠ - ٥	الفصل الاول - ثنائيات الاجرام السماوية
٣٧ - ٢١	الفصل الثاني - النظام الشمسي
٥٩ - ٣٩	الفصل الثالث - حركات القمر والأرض
٣٨	أوجه القمر
٤١	المحسوف والكسوف
٤٣	خطوط الطول وخطوط العرض
٤٩	تعاقب الفصول
٥٠	تعاقب الليل والنهار
٥٤	اختلاف الزمن
٧٣ - ٦٠	الفصل الرابع - أصل الأرض
٧١	همر الكرة الأرضية
٧٢	همر الحياة عليها

الباب الثاني

٨٢ - ٧٧	الفصل الخامس - ابعاد كرة الأرضية وطبيعة باطنها
١٢٦ - ٨٣	الفصل السادس - التركيز المادي والمعدني لقشرة الأرض
٩٠	المصفور النارية

- ١٠١ المصفور الرسوبية
١٢١ المصفور المتحولة
الاهمية الجيولوجية وفولوجية للتركيب المصغرى ١٢٥

الباب الثالث

- الفصل السابع - نشأة المحيطات والقارات وتطور توزيعها ١٢٧ - ١٤٨
١٣٥ نظرية الزحف القارى
١٤٤ الكتل القارية القديمة
الفصل الثامن - البحار والمحيطات الحالية ١٤٩ - ١٦٦
١٥٥ تضاريس قاع المحيطات
١٦٣ طبيعة مياه البحار والمحيطات
الفصل التاسع - حركات مياه البحار والمحيطات ١٦٧ - ١٩٣
١٦٧ الأمواج
١٦٩ المد والجزر
١٧٢ التيارات البحرية

الباب الرابع

العوامل التكتونية التي تساهم في تشكيل
سطح الأرض

- الفصل العاشر - الحركات التكتونية البطيئة ١٩٦ - ٢١٩
١٩٧ نظرية التوازن
٢٠٠ انتشاءات القشرة الارضية
٢١٠ المصدوح

— ج —

٢٢٠ - ٢٣٧

الفصل الحادى عشر - الزلازل

٢٣٩ - ٢٥٥

الفصل الثانى عشر - النشاط البركانى

الباب الخامس

العوامل الخارجية التى تساهم فى تشكيل سطح الارض

٢٥٨ - ٢٧٠

الفصل الثالث عشر - التجوية

الفصل الرابع عشر - دور الرياح فى تشكيل

٢٧١ - ٢٨٠

سطح الأرض

٢٧٢

مظاهر النحت بواسطة الرياح

٢٧٧

مظاهر الارساب

الفصل الخامس عشر - دور المياه الجارية فى تشكيل

٢٨٦ - ٣٢٢

سطح الأرض

٢٨٨

النظم النهرية

٢٩٣

مظاهر النحت بواسطة المياه الجارية

٢٩٦

مظاهر الإرساب

٣٠١

القطاع الطولى للنهر

٣٠٧

القطاع العرضى

٣١٤

الدورة التعحاتية المائية

دور المياه الجارية فى تشكيل سطح

٣١٧

الاقالم الجافة

٣٢٥ - ٣٣١

الفصل السادس عشر - التعرية البحرية

٣٢٦

الدورة التعحاتية الساحلية

٣٢٨

مظاهر النحت البحرى

٣٣١

مظاهر الارساب البحرى

٣٤٥-٣٣٥	الفصل السابع عشر - التعرية الجليدية
٣٥٥-٣٤٦	الفصل الثامن عشر - عواصف الانهيار والانزلاق على المنحدرات
٣٨٣-٣٥٦	الفصل التاسع عشر - المياه الجوفية
٣٥٧	المياه الجوفية السطحية
٣٥٨	المياه الجوفية العميقة
٣٦١	العلاقة بين التركيب الصخري والخزانات المائية
٣٦٥	حركات المياه الجوفية
٣٧٩	المياه الجوفية في المناطق الكارستية

الباب السادس

الأشكال التضاريسية الكبرى لسطح اليابس

٤١١-٤٨٤	الفصل العشرون - السهول
٤٢٤-٤١٢	الفصل الواحد والعشرون - الهضاب والجبال
٤٣٠-٤٢٥	الفصل الثاني والعشرون - البحيرات والمستنقعات
٤٣٣-٤٣١	المراجع -

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقديم

إن الجغرافيا الطبيعية بمعناها العام موضوع واسع له صلات كثيرة بالعلوم الطبيعية الأخرى من ناحية وبالعلوم الإنسانية من ناحية أخرى، فهو على صلة قوية بعلوم الجيولوجيا والبيورولوجيا والهيدروولوجيا والنبات والحيوان والعلك والطبيعة. ولما كان التقدم العلمي قد فرض على كل علم من هذه العلوم أن يخدم نفسه إلى فروع أصغر فقد كان على الجغرافيا الطبيعية بالغة أن تعيد تقييم علاقاتها بهذه الفروع على أساس مقدار ما تأخذ منها أو تقدمه لها، وهكذا نشبت مسئولياتها وازدادت تفاصيل الموضوعات التي يجب عليها أن تهتم بها وتطورها حتى لا تتخلف عن غيرها من العلوم.

وهكذا لم يعد من الميسور أن تعالج الجغرافيا الطبيعية كلها في كتاب واحد بالمستوى الذي يعمشى مع التقدم الذي طرأ على فروعها المختلفة، ولذلك فإن الجغرافيين الذين يكتبون لمن هم فوق مستوى التعليم المدرسي العام في مختلف بلاد العالم قد بدأوا يميلون إلى التخصص في الكناية فيها حتى لا يجرم طلابها من التفاصيل الأساسية التي يصعب إدخالها في المؤلفات العامة. وقد ظهر هذا الاتجاه واضحا في مالنا العربي حيث قام عدد من تلاميذي وزملائي الأفاضل بوضع عدد غير قليل من المؤلفات القيمة في الجيومورفولوجيا وأشكال التضاريس، كما تمت من جانبي بوضع كتاب في « الجغرافيا المناخية والنباتية » وهو الكتاب الذي يشرفني أنه أصبح معروفا لطلاب الجغرافيا في كل الجامعات العربية تقريبا.

وقد كانت جودة الكتب العربية التي ظهرت في موضوعات الجيومورفولوجيا وأشكال التضاريس سببا في أنني ترددت حتى الآن في الكتابة في نفس

الموضوعات ، ولكنني أدركت أخيراً أن هذه الموضوعات ما زالت بحاجة
إلى المزيد من التفتيش والإضافة . ولاني أرجو أن يكون الكتاب الذي أقدمه
الآن مكملاً لبعض ما أهدف إليه .

والله ولي التوفيق

عبد العزيز طريح شرف

سبتمبر ١٩٩٣

البَابُ الأولُ

- الفصل الأول - ثبات الأجرام السماوية .
- الفصل الثاني - النظام الشمسي .
- الفصل الثالث - حركات القمر والأرض .
- الفصل الرابع - أصل الأرض .
- الفصل الخامس - أبعاد الكرة الأرضية وأغلفتها وطبيعة باطنها .

الفصل الأول

فئات الأجرام السماوية

١٠٥

يمتد الكون بمئاته الواسع على ملايين الأجرام التي نبتأين نأينا كبراً في أحجامها وطوائفها ، ومع ذلك فإن كل واحد منها ، مهما صغر حجمه أو كبر ، يصير كإنظام خاص به داخل النظام الكوني العام . ولكن على الرغم من التقدم الكبير في علوم الفلك والفضاء فإن معلوماتنا عن الكون لا تعمل في الواقع إلا نسبة لا تستحق الذكر من أسرارها التي مازالت خافية على العقل البشري ، لما هو مثلاً اتساع هذا الكون ؟ وما هي حدوده ؟ وما هو عدد أجرامه ؟ إن هذه وغيرها أسئلة كثيرة بقيت وسعظلاً دائماً دون جواب . وعلى أساس ما هو متوفر الآن من معلومات يقسم الفلكيون الأجرام السماوية عموماً إلى عدة فئات هي :

- (١) المجرة Galaxy ، ومثيلاتها .
- (٢) النجوم Stars ، الكواكب Planets ، الأقمار Moons ،
- (٣) المذنبات Comets ، السدم Nebulae .

المجرة :

إن المجرة التي نعرفها والتي يتبعها نظامنا الشمسي ليست إلا واحدة من مجرات عديدة يشغل كل منها نظاماً عظيماً من الكوف . ونضم هذه المجرة أعداداً لا تحصى من النجوم والأقمار والمذنبات والسدم . ومجرتنا هذه هي التي تشتهر في البلاد العربية باسم « سكة العيانة » ، وفي العالم الغربي باسم « السكة اللابئة » Milky Way (١) .

(١) السدم في تسمية العرب لها « سكة العيانة » هو أنها تبدو وكأنها طريق يسلكه سائر النجوم وحالوه نأا ، تؤدي إلى مجرة أضئ منه على الطريق فيعطيه أوقاً مثلاً إلى الياض ، أما الفلكيون ، فاشتهروا بطريق سكة العيانة بريقاً من النجوم .

وهي ترى في السماء بشكل نطاقي متبعين من الضوء الخافت الذي يعدد هير
السما. كلها بحيث يمكن رؤيته في أى مكان على سطح الأرض . وليس هذا
الضوء الخافت إلا ملايين الأجرام السماوية المضيئة التي تبدو ، على الرغم من
الأياد الشاسعة التي تفصلها عن بعضها ، وكأنها معلقة أو متجاورة جدا .
ونظرا لضخامة المسافات التي تفصل أجرام المجرة بعضها عن بعض فقد
أصبح من المنذر حسابها بواسطة وحدات القياس العادية ، ولذلك فقد اتفق
على أن تستخدم في حسابها وحدة خاصة هي السنة الضوئية Light Year ،
وهي المسافة التي يقطعها الضوء (وسرعته ٣٠٠ ألف كيلو متر في الثانية) في
سنة كاملة . وتستخدم بجانبها وحدة أخرى أصغر منها لقياس المسافات
بين أفراد المجموعة الشمسية ، ويطلق عليها ، الوحدة الفلكية
Astronomical Unit ، وهي متوسط المسافة بين الأرض والشمس وطولها
١٤٩ مليون كيلو متر (٩٣ مليون ميل) .

النجوم

تعتبر النجوم بصفة عامة من الأجرام السماوية الكبيرة ، ولكنها تلبث فيها
بعضها نايبا كبيرا سواء في أحجامها أو في طاقاتها الإشعاعية . فبينها لا يكاد
حجم بعضها يزيد كثيرا عن حجم الكواكب الكبيرة فان بعضها عظيم الضخامة
وعلى الرغم من أنها جميعا مكونة من مواد ملتهبة وتنبعث منها طاقة إشعاعية
كبيرة إلا أن هذه الطاقة تختلف اختلافا كبيرا من نجم إلى آخر . وتتنوع
درجة لمعانها في السماء بصفة خاصة على الطاقة ولكنها متأثر كذلك بدرجة
بعدها منا . وأكثر النجوم لمعانا في السماء هو النجم المسمى « الشعرى اليلابية
Sirius » وهو نجم متلألئ . يبعد عنا بنحو ٨٦ سنة ضوئية ، وتقدر طاقته
الإشعاعية بما يعادل الطاقة الإشعاعية للشمس حوالي ٢٦ مرة . ولا يعرف حتى

الآن عدد نجوم السماء كلها ، أو حتى عدد نجوم مجرتنا وحدها إلا أن الفلكيين يقدرون عدد نجوم هذه المجرة بنحو ٣٠٠ مليون نجم .

وعلى الرغم من أن الشعرى اليمانية هي أشد النجوم (هذا الشمس) لمعاناً في السماء فإنها ليست أقرب النجوم إلى الأرض ، إذ أن هناك نجوماً أخرى أقرب منها إلينا ، ومع ذلك فإن إضاءتها أقل منها بكثير ، وأقرب نجم معروف حتى الآن إلى الأرض غير الشمس هو : الأقرب القنطوري Proxima Centaur الذي يرى في نصف الكرة الجنوبي وهو أحد نجوم كوكبة قنطورس . ومن هنا جاءت تسميته بالقنطوري . ويبلغ بعد هذا النجم عن الأرض حوالي ٤٢٧ سنة ضوئية . أقل من نصف بعد الشعرى اليمانية عنها . ومع ذلك فإن الضوء الذي تبعته الشعرى اليمانية إلى الأرض يعادله الضوء الذي تبعته هذا النجم ٧٠ ألف مرة . وهذا هو السبب في أن اكتشافه لم يتم إلا منذ عهد قريب . وهناك غير الأقرب القنطوري نخبة نجوم أخرى أقرب إلى الأرض من الشعرى اليمانية ولكنها لا تبدو بنفس لمعانها ووضوحها لأنها أقل منها إضاءة .

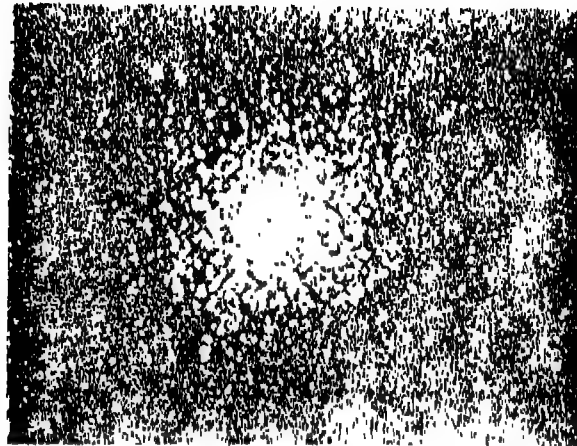
تجمعات النجوم : وتوجد النجوم أحياناً منفردة ولكنها كثيراً ما توجد في مجموعات أشهر باسم : الكوكبات Constellations . . . ويتبع كل نجم من النجوم في الغالب عدد من الكواكب والاقمار . وتعتبر شمسا ، ورغم ضخامتها ، واحدة من النجوم الصغيرة نسبياً . وهناك ملايين من النجوم الأخرى الأكبر منها . وعلى الرغم من ابتكار المناظر فلكية تستطيع أن تتوغل في الفضاء إلى أبعد شاسعة فإن أقوى هذه المناظر لم تستطع حتى الآن أن تظلم أي نجم من النجوم (غير الشمس) بأكثر من نقطة محدودة من الضوء بسبب الأبعاد الشاسعة التي تفصلها عنا .

وقد كانت كثير من النجوم ومجموعاتها معروفة بين المهتمين بدراسة الفلك منذ زمن طويل ، فقد كان الفلكيون العرب في العصور الوسطى يرصدونها

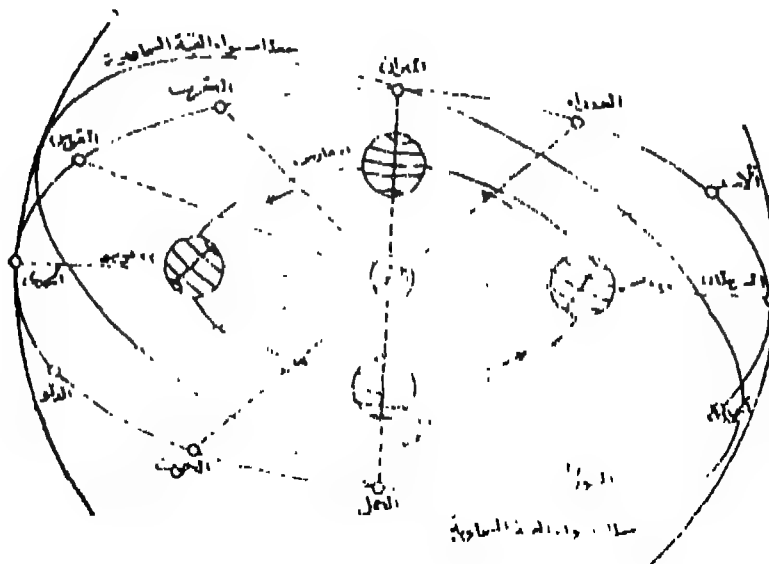
ويعرفون كثيرا من الحقائق من حركاتها ومن مواقعها بالنسبة للأرض في
الفصول المختلفة، واليه يرجع الفضل في اكتشاف عدد من النجوم وبجوامعها.
وما زالت الأسماء العربية التي أطلقوها عليها ظاهرة في كتب اللغات الأخرى.
وقد وضع بعض العالمين العرب جداول فلكية خاصة لما فيحة عدية كبيرة
في تحديد مسارات النجوم والكواكب ومواعيد شروقها وغروبها على مدار
السنه. وفي عهد اليونانيين القدماء كان بعض النجوم ذات النجمية أهمية خاصة
في أساطيرهم وعلمائهم الدلية مثل مجموعة الفارس (أو الجبار) $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$ ، وذات
الكرسي $\zeta, \eta, \theta, \iota, \kappa, \lambda, \mu, \nu, \xi, \o, \pi, \rho, \sigma, \tau, \upsilon, \phi, \chi, \psi, \omega$ ، والمرآة المسدلة
 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \eta, \theta, \iota, \kappa, \lambda, \mu, \nu, \xi, \o, \pi, \rho, \sigma, \tau, \upsilon, \phi, \chi, \psi, \omega$ ، والذئب الأصغر ومرسوس
والذئب والزرافة وغيرها. وقد لوحظ أن أفراد كل مجموعة من هذه المجموعات
متشابهة في تركيبها وأنها تتحرك دائما بتزييد ثابت، ولذلك فإن العالمين
بطلون مايلها اسم الكوكبات (أو التشكيلات) *Moving Clusters*.
وهناك أيضا مجموعات نجمية تعرف باسم الحووع الكروية *Globular Clusters*،
ونضم كل منها عدة ملايين من النجوم التي تبدو متكلسة في الوسط ثم تتأخذ
نحو الخارج بحيث تبدو المجموعة كلها وكأنها سرب من النحل. ويوجد في
الكون أكثر من مائة تجمع من هذا النوع، وكلها بعيدة جدا عن الأرض بحيث
يصعب تمييزها بالعين المجردة. ويبلغ بعد أقربها إلينا ١٨٤٠٠ سنة ضوئية^(١).

ويطلق تعبير «البروج» على الكوكبات التي تمر بها الشمس أثناء مسارها
الطائري في السماء على مدار السنه. ويطلق على هذا المسار اسم دائرة البروج،
بسبب مروره بكل هذه الكوكبات. وتوصف دائرة البروج بتعبير آخر
بأنها هي تقاطع مستوى فلك الأرض حول الشمس مع الكرة السماوية.

(١) محمد عبد السلام السكرداني «النجوم في مسالكها» سنة ١٩٢٣ م ص ١١٣.



شكل (١) تجمع نجمي كروي



شكل (٢) مواقع البروج على دائرة البروج في القصور المختلفة

ويطلق تعبير « منطقة البروج » على كل المنطقة الواقعة على طول هذه الدائرة .
وتنقسم هذه المنطقة إلى ١٢ برجاً ، يمثل كل برج منها ٣٠ درجة من درجات
الطول ، وهذه البروج وفصول طهورها هي : الحمل والنور والجوزاء
(الثور مان) وتظهر في الربيع ، ثم السرطان والأسد (الليت) والسدلية وتظهر
في الصيف ، ثم الميزان والمقرب والقوس وتظهر في الخريف ، ثم الجدي
والدلو والحوت وتظهر في الشتاء (أنظر شكل ٢) (١) .

النجم القطبي (أو القطبية) (Polar Star (or Polaris) هو أحد
النجوم الموضوعة المعروفة باسم « الدب الأصفر » . وهي كوكبة من سبعة نجوم
تظهر دائماً في الليالي الصافية من الجهة الشمالية من القبة السماوية ، وهي مرتبة
بحيث تظهر أربعة منها بشكل مستطيل واكنه ضيقاً قليلاً في أحد جوانبه ،
ومن أحد ركني هذا الجانب تتوزع النجوم الثلاثة الأخرى على طول خط
مقوس ، وآخرها على الخط هو « النجم القطبي » أو القطبية . وهذه النجوم
السبعة معها نجوم أخرى لا حصر لها بالمقرب منها هي التي تتكون منها كوكبة
« الدب الأصفر » . وقد سميت بذلك لأنها تأخذ في حجمها شكلاً قريباً من
شكل الدب ، حيث يمثل جسمه بالشكل المستطيل بينما يمثل ذيله بالخط
الذي يمتد النجم القطبي في طرفه .

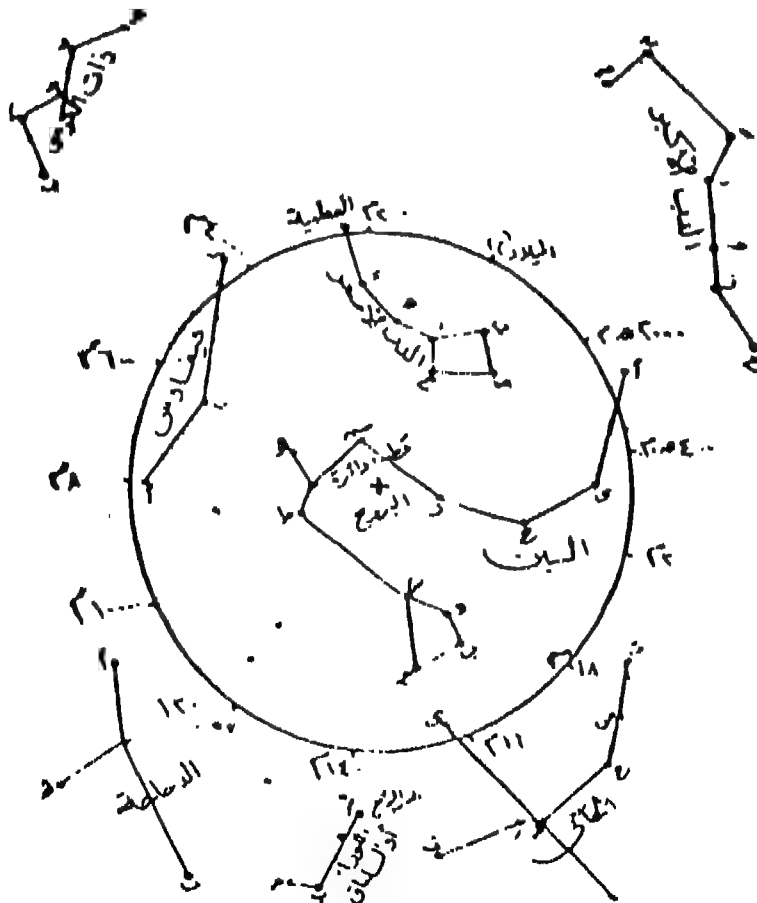
وقد كانت للنجم القطبي منذ القدم أهمية كبيرة وخصوصاً للسافرين في
البحار والصحاري حيث أنه كان مرشداً رئيسي إلى الاتجاه الشمالي ، بسبب
وقوعه على امتداد محور الأرض من القبة الشمالية . فلو فرضنا أن هذا
المحور قد امتد في الفضاء بدون حدود فإنه سيمر بنقطة لا تبعد عن هذا
النجم إلا بدرجة واحدة تقريباً .

(١) ورد في أدب العالم العربي ، يقال مشهوراً أن جنت فيها أسماء البروج الاثني عشرة

كما يلي :

جاء	النور	جوزاء	السرطان	دوحي	الليث	سدس	الدب الأصفر
وردى	مقرب	قوس	الجدي	مريخ	الدلو	مرة	اجينات

ولكن يجب أن نلاحظ مع ذلك أن اتجاه محور الأرض نحو النجم القطبي ليس ثابتاً على مر العصور ، بل أنه يتغير من عصر إلى آخر ولكن ببطء شديد جداً ، فقد أثبتت الدراسات الفلكية أنه كان في عهد قدماء المصريين ، أى منذ حوالي خمسة آلاف سنة ، لا يشير إلى هذا النجم ، بل كان يشير إلى نجم آخر هو النجمان (الحية) في مجموعة الثنين ، وأنه بعد خمسة آلاف سنة من الآن سيظهر إلى نجم آخر من نجوم مجموعة « قيفاوس » ، أما سبب هذا التحول فيرجعه الفلكيون إلى الظاهرة المعروفة باسم « ظاهرة طواف النقط » . (انظر شكل ٣) .



و شكل (٢) طواف القطب

الحرف الأبجدي الموضوع بهما الزكل نعيم بدل على ترتيبه من حيث الحميم في مجموعته

والمقصود بطواف القطب، هو عدم ثبات النقطة التي يشير إليها قطب محور الأرض في السماء وتزحزح هذه النقطة بانتظام على محيط دائرة وهمية ولكنها معروفة . ويرى الماكيون أن سبب هذا الطواف هو انبعاث الأرض قليلا عند خط الاستواء وتفرطحها عند القطبين ، حيث أن جذب الشمس للجزء المنبجج يكون أكبر قليلا من جاذبية الأجزاء الباقية ، وبترتب على ذلك تغير بطيء جدا ولكنه مستمر في اتجاه المحور بحيث تتزحزح النقطة التي يشير إليها في السماء على مسار دائري وقد تبين أن كل دورة كاملة على هذا المسار تستغرق ٢٥٨٠٠ سنة . ويجب ألا نخلط بين ظاهرة طواف القطب هذه وبين ظاهرة أخرى تعرف باسم ظاهرة تمايل أو زنج المحور، وظاهرة طواف القطب ناتجة عن جاذبية الشمس ، وهي عبارة عن حركة معقدة وبطيئة جداً ، أما التمايل أو الزنج فهو حركة سريعة نسبياً ، وسببها هو جاذبية القمر . وهي شبيهة بحركة تمايل أو زنج النحلة التي ياصبها الاطفال عندما يديرونها بسرعة .

الكوكبات الجمعية التي نرى دائماً في نفس مواقعها : المقصود بهذه الكوكبات هو الكوكبات التي ليس لها شروق ولا غروب بالنسبة لنا ، لأنها تظهر دائماً في نفس مواقعها تقريباً في كل ليلة على ما ارسلنا ما دامت السماء صافية ، وأهمها هي الدب الأصغر ، بما في ذلك النجم القطبي والكوكبات القريبة منه مثل الدب الأكبر وذات الكرسي و فرسارس والزرافة والتين ، وهي تختلف عن كثير من الكوكبات الأخرى ، الأبعد منها مثل الجبار والكلب الأكبر والشجاع والأسد والجاني والذئبان (الحية) والعقاب (النسر) والدجاجة (الجمجمة) والجدي والفرس الأعظم ، فهذه الكوكبات تشرق في الشرق وتغرب في الغرب في الغروب ثم تختفي لتعود للظهور في الليلة التالية وهناك كوكبات أخرى تظهر في الشتاء وتختفي في الصيف أو العكس ، ويظهر ذلك بوضوح عندما نقارن خريطة الخريف السماوية لهذين الفصلين في نصف الكرة الشمالي مثلاً .

المتغيرات القيفاوية *Cepheid Variables* على الرغم من أن معظم النجوم تتميز بقوة إشعاعية ثابتة ، فقد لاحظ الفلكيون منذ وقت طويل أن بعضها منها ، سواء في داخل المجرة أو خارجها ، لا تثبت على حال واحدة وأن قوتها الإشعاعية تتغير من وقت إلى آخر . ولكن أينما تحدث التغيرات في بعض النجوم بشكل دورات منتظمة يشهد الإشعاع في بعضها ويضعف في بعضها الآخر ، فإنها تحدث في بعضها الآخر بشكل غير منتظم . ومن أشهر النجوم التي لوحظ منذ زمن بعيد أن قوتها الإشعاعية تتغير بنظام دقيق النجم المعروف باسم ديفافوس أو المذهب *Cepheus* ، وهذا هو السبب في تسمية هذا النوع من النجوم باسم المتغيرات القيفاوية . وقد ساعد التغير المنتظم لهذه النجوم على تحديد أبعادها في الفضاء بدرجة كبيرة من الدقة .

والنجوم الجديدة *Novae* : وهي نجوم متفجرة ، فقد لاحظ الفلكيون أن بعض النجوم قد تعرض للانفجار ، وأنها عندما انفجر تنطلق منها طاقات إشعاعية غير عادية تعادل طاقاتها الإشعاعية العادية ملايين المرات . وقد يكون السبب في انفجار هذه النجوم هو حدوث أي تغيرات في تركيبها الداخلي فيترتب على ذلك حدوث حالة من عدم التوازن في داخلها مما يؤدي إلى تضخم النجم وبعده وانفجاره وانطلاق الطاقة الإشعاعية الهائلة منه . وليس معنى انفجار النجم بهذا الشكل هو نهايته بل إنه يعود للانقسام مرة أخرى بحيث يظهر وكأنه نجم جديد . وبعض النجوم أكثر تعرضا للانفجار من غيرها ، ولذلك فإن انفجارها قد يتكرر أكثر من مرة (١) .

وإذا لم يكن رصد انفجاراتها
والعمل على الملاحظة من نجوم قريبة ولا يدخل في هذا (عدد النجوم

James Jeans, "The Universe Around Us," G. U. P., 1939

(١) إمام إمام أحمد . « عالم الامتداد » ١٩٦٢ - المكتبة الثقافية - صفحة

التي انفجرت دون أن نلاحظ انفجاراتها بسبب بعد المسافة أو لأى أسباب أخرى ، ولا بد أنها كثيرة . ويمكننا أن نصور ماذا يحدث للأرض لو أن شمسا انفجرت بهذا الشكل ، إن هذا لو حدث فإنه سيؤدي بالتأكيد إلى احتراق الأرض ومعظم الكواكب السيارة القريبة من الشمس مع آثارها في الحال .

تناقص الطاقة الإشعاعية للنجوم : يرى كثير من الفلكيين أيضا أن الطاقة الإشعاعية لكثير من النجوم تناقص بمرور الزمن ، وأن الشمس ربما تكون واحدة من هذا النوع . والسبب المرجح لهذا التناقص هو أن الأندروجين الذي يدخل في تركيب هذه النجوم يتحول باستمرار إلى هيليوم ، فإذا كانت نسبة الأندروجين التي تدخل في تركيب النجم كبيرة كان تناقص إشعاعاته كبيرا ، والعكس صحيح والمعروف أن نسبة الأندروجين الذي يدخل في تركيب الشمس صغيرا جدا ، فلو كان هناك فعلا تناقص في طاقتها الإشعاعية فإنه نأفئ على جدأ وإيه إن يؤثر بشكل محسوس على جو الأرض إلا بعد مرور عدة ملايين من السنين .

لذا - الكواكب والاممار :

الكواكب هي الأجرام السماوية المعتمة التي تتبع النجوم ، وأهم ما يميزها عن النجوم أنها أصغر منها حجما وبصفة عامة ، وأنها غير مائبة وغير مضيئة إضاءة ذاتية ، والذات انعكس الأشعة التي تسقط عليها من النجوم فتبدو لامعة في السماء ، ولولا سقوط هذه الأشعة عليها لما أمكن رؤيتها ، وأهم الكواكب بالنسبة لنا هي الكواكب التي تتبع النظام الشمسي ، ولذلك فإننا سنتكلم عليها ضمن كلامنا على هذا النظام في الفصل التالي .

أما الأقمار فهي الاجرام التي تتبع الكواكب ، والتي تدور في أفلاكها خاضعة حولها وهي تشبه الكواكب في أنها أجسام معتمة وأنها لا ترى إلا إذا سقط ضوء النجوم عليها . ومن الطبيعي أن تكون الاقمار التابعة لأى كوكب من

الكواكب أصغر في أحجامها منه . وسنشير إلى أقطار النظام الشمسي عندما نتكلم عليه .

رابعا - المذنبات .

وهي من الأجرام الملهبة التي تليث منها إشعاعات قوية ، فهي شبيهة بالنجوم من هذه الناحية ، ولكنها تختلف عنها من وجوه أخرى ، فهي في الغالب أصغر منها حجما ، كما أنها تنطلق في الفضاء بسرعة هائلة وتكون أفلاكها لهذا السبب شديدة الاستطالة . ولعل أبرز ما يميزها هو أذيابها التي قد يصل طولها إلى بضعة ملايين من الكيلومترات ، ويتكون الذنب عموما من غازات مائية ، إلا أن طولها واتجاهه قد يتغيران على حسب موقعه بالنسبة للنجم الذي يتبعه المذنب أو بالنسبة لأقرب نجم آخر إليه . حيث أن ضغط ضوء النجم يعمل دائما على دفع الغازات التي يتكون منها الذنب بعيدا عنه ، ولذلك فعندما يقترب أحد المذنبات من الشمس فإن ذنبه يكون ممتدا إلى الخلف منه ، وعندما يمر بها يدور حول نفسه بحيث تكون رأسه واقعة بين الذنب والشمس ، وعندما يبدأ في الابتعاد يكون ذنبه ممتدا أمامه .
وتوجد في الكون مذنبات عديدة ، ولكن المذنبات التي أمكن رصدها



شكل (٤) المذنب - ورهاوس كما صور في سنة ١٩٠٧ .

بالفعل وأمكن معرفة نظام حركتها قايلاً . ويعرف كل مذنب منها باسم خاص هو غالباً اسم الشخص الذي اكتشفه . ومن أقدم المذنبات التي عرفت وأشهرها المذنب هالي Halley . ويمكن مشاهدته من الأرض مرة كل ٧٦ سنة ، وهي المدة التي يستغرقها دورانها في فلكه حول الشمس ومن الاحتمالات غير المستبعدة أن يقترب أحد المذنبات من الأرض بدرجة تؤدي إلى ارتطامها بها ، كما حدث فعلاً في سنة ١٩٠٨ عندما سقط في سيبيريا مذنب صغير زلزالاً حواله مليون طن فحفر حفرة سعتها عدة كيلومترات وعمقها عدة أمتار . إلا أن مثل هذه الحوادث نادرة جداً .

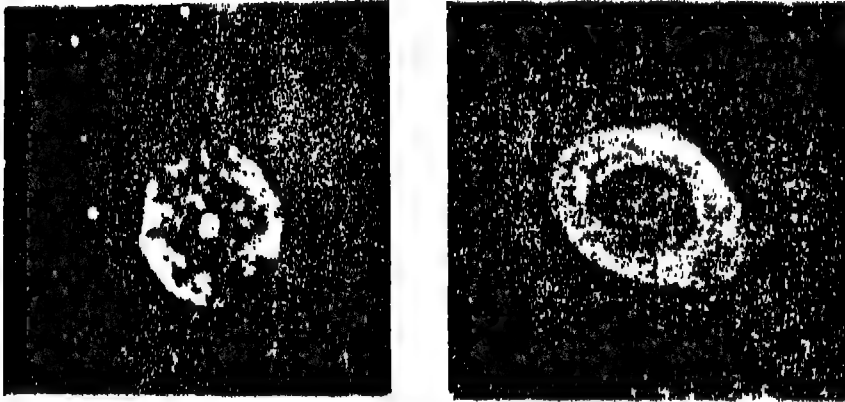
الخامسة - السدم :

وهي سحب كونية ضخمة تتكون من غازات أو حبيبات كونية دقيقة ، ويوجد في مجرتنا عدد كبير منها ، وبما يدل على ضخامتها أنه بيننا لا يستطيع أقوى المناظر الفلكية أن تظهر أى نجم من النجوم (نجم الشمس) إلا كنقطة معيئة فإنها تستطيع أن تظهر السدم بشكل سحبات كبيرة . وقد أمكن بالفعل تصوير عدد منها ، على الرغم من أنها تبعد عنا بمئات الآلاف من السنين الضوئية . وقد قسم الفلكيون السدم التي أمكن رصدها إلى ثلاثة أنواع هي : (١) سدم كوكبية Planetary Nebulae ، وهي أقرب للسدم إلينا ، وتوجد منها بنوع مثات في مجرتنا . ويقدر متوسط بعدها عن الأرض بنحو ٤٥٠٠ سنة ضوئية . وتظهرها المناظر الفلكية القوية بشكل أقراص مسطحة ومن المحتمل أن تكون هذه السدم نجومًا عادية ولكنها محاطة بأجواء مميّنة عظيمة الاتساع . ويقدر بعض الفلكيين أن كلاً منها يبعث ضوءاً يعادل ضوء شمسنا حواله عشر مرات (أنظر شكل ٥) .

(٢) سدم مجرية Galactio Nebulae ، وهي موجودة أيضاً داخل المجرة ، ولكنها تبدو بشكل سحب ضخمة ممتدة بين النجوم لمسافات شاسعة ، وليست لها أشكال أو حدود منتظمة ، والغالب أنها تهمر بداخلها عدداً من النجوم .

وتلدين هذه السدم فيما بينهما تباينا كبيرا في الكثافة والحجم ودرجة الإضاءة .

(٣) سدم فوق المجرية Extra - galactic Nebulae ، وهي أعظم السدم حجما حتى أن بعض الفلكيين يسمونها (أو بعضها على الأقل) ضمن المجرات ، فهي تحصر بداخلها ملايين النجوم ، ونظرا لضخامتها يمكن أن ترى بالعين المجردة على الرغم من أبعادها الشاسعة ، وهي تأخذ غالبا أشكالا خاصة تساعد على تمييزها ورصدها . وهذه السدم هي التي يطلق عليها كذلك اسم السدم الحلزونية Spiral Nebulae (أنظر الأشكال ٦ إلى ٩) .



شكل (٥) شكلان للسدن الكونية

— ١٨ —



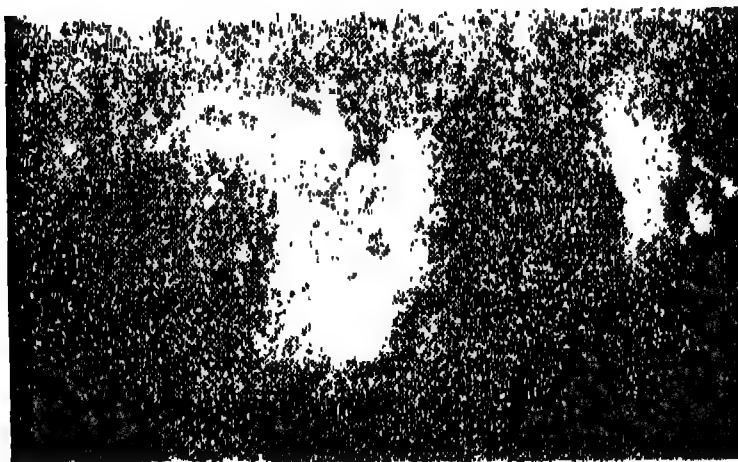
شكل (٦) رأس الحصان في السديم الأعظم في كوكبة أوريون



شكل (٧) سديم حلزوني



شكل (٨) السديم الحلزوني الأعظم في كوكبة أندروميديا (الراهة المسلسلة)

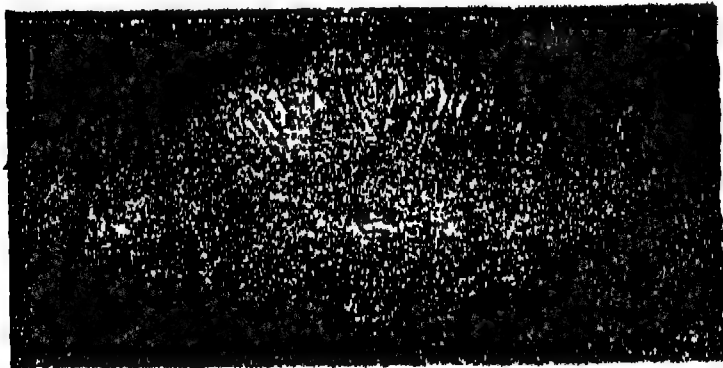


شكل (٩) للسديم الأعظم في كوكبة أوريون (الجبار)

١. النيازك Meteorites والنيازك Meteor

وهي ليست أجراماً سماوية بمعنى الكلمة، وإنما هي كتل صخرية أو معدنية صلبة تندفع في الفضاء نحو الأرض . ويؤدي احتكاكها الشديد بالهواء إلى التباها وظهورها مضيئة ، فإذا كانت صغيرة لما غالب هو أنها تحترق قبل وصولها إلى الأرض ، وهذه هي التي تعرف بالشهب ، أما إن كانت كبيرة واستطاعت أن تصل إلى الأرض فإنها تعرف بالنيازك . وتكون قوة اندفاع النيزك كبيرة جداً ، ولذلك فإن ارتطامه بالأرض يؤدي عادة إلى تكوين حفرة عميقة ، وتوجد عدة أمثلة لحوادث سقوط النيازك في جهات متفرقة من العالم ، ففي صحراء أريزونا مثلاً استطاع أحد النيازك أن يفتح حفرة يبلغ قطرها كيلومتراً وعمقها ٢٥٠ متراً . بحيث تبدو وكأنها فوهة بركان . وقد قدر وزن النيزك الذي حفرها بنحو خمسة ملايين طن (شكل ١٠) .

ولئن كانت حوادث سقوط النيازك قليلة ومعروفة لما لا شك فيه، أن الشهب التي تحترق في الجو لا يمكن حصرها ، لخصوصاً وأن كثيراً منها يحترق ويتلاشى دون أن يراه أحد . ويقدر الباحثون أن مقدار المواد التي تضيقها بغايا الشهب المتساقطة إلى جسم الأرض يقرب من عشرين ألف طن سنوياً . وهذا معناه أن هناك زيادة مطردة ولكنها بطيئة في حجم الأرض .



شكل (١٠) الحفرة التي حفرها أحد النيازك في صحراء أريزونا

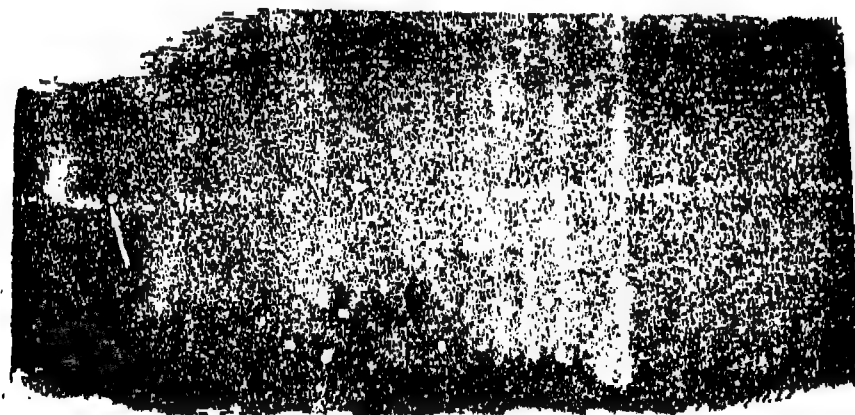
الفصل الثاني

النظام الشمسي

SOLAR SYSTEM

الشمس :

لنفس النظام الشمسي إلا واحدا من مئات الملايين من النظام الشمسية التي
تضمها المجرة (سكة البثينة) ، وهو يقع على بعد ثلاثين ألف سنة ضوئية من
مركزها ، ويدور حوله هذا المركز دورة كاملة مرة كل ٢٢٥ مليون سنة .
والشمس نفسها عبارة عن كرة ضخمة من المواد الملتصقة التي تلبثت منها طاقة
إشعاعية هائلة تعادل حوال ١٧٠ ألف حصان من كل متر مربع من سطحها .
وتنطلق هذه الطاقة في جميع الاتجاهات بشكل إشعاعات متباينة بعضها مرئي
مثل الأشعة الضوئية وبعضها غير مرئي مثل الأشعة الحرارية ، وتنتقل كلها في
موجات متباينة الأطوال فتصل إلى جميع الكواكب السيارة وأقمارها ، ولكن

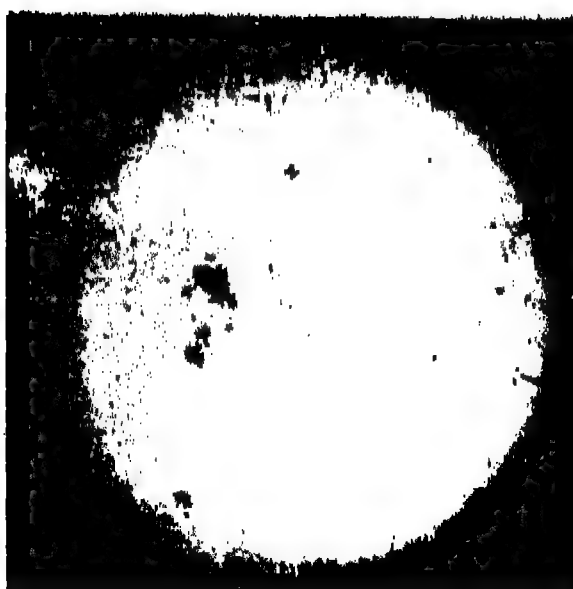


شكل (١١) موقع النظام الشمسي في المجرة (المشار إليه بالسهم)

— ٢٢ —



شكل (١٢) نذره شمسي



مصورة دانه نرس

مكبرة نوها ما

شكل (١٣) ٤-ج شمسية

بمقادير تناسب مع بعد كل منها عن الشمس . وتقدر درجة الحرارة على سطح الشمس بنحو ٦٠٠٠° مئوية ، بينما تزيد في مركزها عن مليون درجة ، وتنطلق من سطحها نافورات (أو أسنة) ملتصقة تأخذ أشكالا معينة ، وتعرف باسم «التعويّات Prominences» وقد يجد لمحب بعض هذه التعويّات في الفضاء إلى مسافات كبيرة تصل إلى عشرات الآلاف من الكيلومترات (أنظر شكل ١٢) .

وتستأثر الشمس وحدها بنحو ٩٩٨٨٧٪ من الحجم الكلي للمجموعة الشمسية ، ويبلغ طول قطرها حوالي ١٣٨٢٧٠٠٠ كيلومتر . وهو ما يعادل قطر الأرض مائة مرة ، وهذا هو السبب في قوة جاذبيتها التي تتحكم بها في حركة الكواكب التي تدور بها .

البقع الشمسية Sunspots : وهي عبارة عن مساحات صغيرة من سطح الشمس تقل حرارتها وإشعاعاتها بشكل واضح عن المناطق المحيطة بها . وليس من المعروف بالضبط السبب في وجود هذه البقع . ولكن من المعتقد أنها عبارة عن كتل غازية تتكون أحيانا في جو الشمس وتدور حول نفسها بسرعة ، ويكون بعضها كبيرا إلى درجة يمكن معها رؤيته من الأرض بالعين المجردة مع الاستعانة بمنظار ملون أو خلال السحب الرقيقة . وقد لوحظ أن هذه البقع تكثر في دررات طول كل منها أحد عشر سنة تقريبا . ونظرا لأنها تؤثر على الطاقة الإشعاعية للشمس فقد حاول بعض الباحثين أن يربطوا بين دوراتها وبين الدورات التي تمر بها بعض المظاهر الطبيعية والجوية على الأرض (أنظر شكل ١٣) .

الكواكب السيارة Planets :

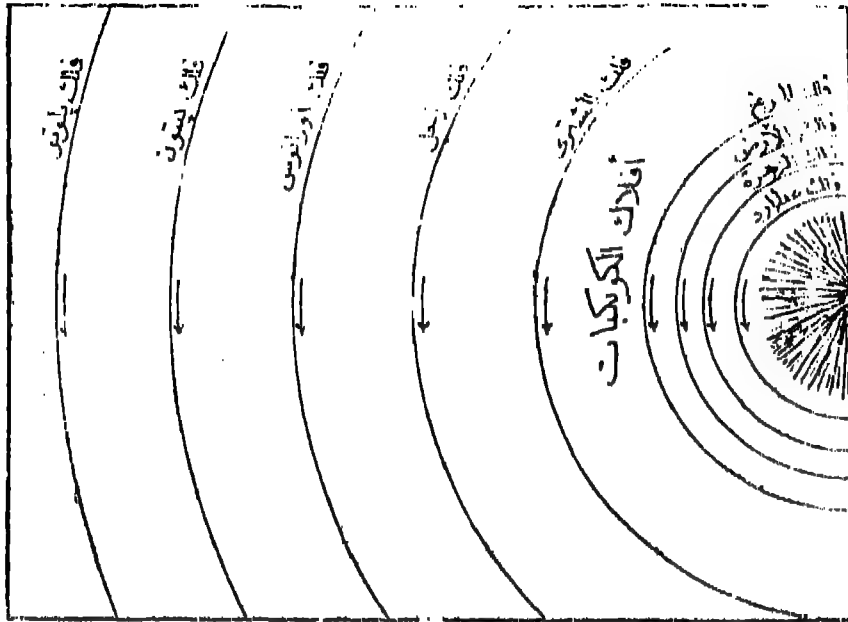
يضم النظام الشمسي تسعة كواكب سيارة أكبرها هو المشتري ، ويبلغ حجمه ضعف مجموع حجم باقي الكواكب . وأبعد الكواكب عن الشمس (كما هو معروف الآن) هو بلوتو ، أما أقربها إليها فهو عطارد الذي يعتبر كذلك أصغرها حجما . وتنقسم هذه الكواكب عموما إلى حسب بعدها عن الشمس إلى مجموعتين هما :

(١) مجموعة الكواكب الداخلية Inner Planets (أو الصغيرة) وتشمل الكواكب الأربعة الأقرب إلى الشمس ، وهي عطارد والزهرة والأرض والمريخ . وهي متشابهة إلى حد كبير في الحجم والكثافة مما يدل على أنها مكونة من مواد صخرية متشابهة ، ولهذا السبب يطلق عليها أحيانا اسم «الكواكب الأرضية» Terrestrial Planets وهي أعلى كثافة من الكواكب الخارجية . ونظرا لقرب عطارد والمريخ والزهرة من الأرض فقد كانت معروفة منذ العهود التاريخية القديمة ، وكانت لها على سبيل المثال مركز معروف في الميثولوجيا اليونانية القديمة . فقد كان اليونانيون في ذلك الوقت يعتبرون أن المريخ هو إله الحرب ، والزهرة هي إلهة الجمال وعطارد هو الخادم أو ساعي البريد الذي يقوم بنقل الرسائل بين الآلهة .

(٢) مجموعة الكواكب الخارجية Outer Planets (أو الكبرى) وتشمل الكواكب الأبعد عن الشمس ، وهي المشتري وزحل ونبتون وأورانوس وبلوتو . ويفصل هاتين المجموعتين عدد كبير من الكويكبات الصغيرة التي تتجمع في منطقة واحدة في مكان متوسط تقريبا بين فلكي المريخ والمشتري . ويطلق عليها اسم «الكويكبات» Asteroids .

وتدور كل الكواكب والكويكبات في أفلاك بيضاوية (إهليبيجية) حول الشمس . وتقع جميع أفلاكها في مستوى واحد تقريبا . وهو نفس المستوى الذي تدور فيه الشمس دورتها الظاهرية بالنسبة للأرض ، وهو أيضا مستوى فلك الأرض ويطلق عليه كذلك اسم مستوى الكسوف والخسوف . " Plane of the Ecliptic " .

وتفصل الكواكب بعضها عن بعض أو عن الشمس مسافات كبيرة يمكن حسابها إما بملايين الكيلومترات أو الأميال أو بالوحدة المعروفة باسم الوحدة الفلكية . وقد سهلت الإشارة إليها ، وهي متوسط البعد بين الأرض والشمس



شكل (١٤) دوران الكواكب السيارة حول الشمس

وهو ١٤٩ مليون كيلو متر (٩٣ مليون ميل) . ويمكننا أن نتصور عظم المسافات التي تفصلنا مثلاً عن الشمس وعن غيرها من أفراد العائلة الشمسية لو أننا عرفنا أن الطائرة النفاثة التي تسير بسرعة الصوت (١٢٠٠ كم / ساعة) تحتاج إلى ١٤ سنة كاملة للوصول من الأرض إلى الشمس (دون عودة) ، وبين الجدول (رقم ١) المسافات التي تفصل الكواكب السيارة عن الشمس وعن الأرض .

الكواكب الداخلية :

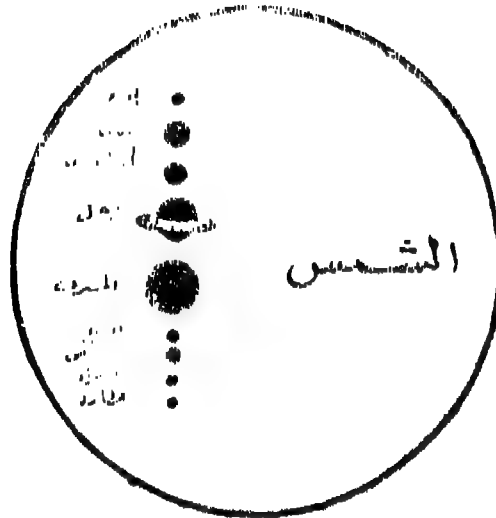
١ - عطارد Mercury ، هو أصغر الكواكب السيارة ، ويبلغ قطره حوالي ٤٨٠٠ كيلو متر ، كما أنه هو أقربها إلى الشمس حيث يبعد عنها بنحو ٥٧ مليون كيلومتر (٣٥.٩ وحدة فلكية) ، ويتم دورته حولها في ٨٨ يوماً . أما

جدول (١) أبعاد الكواكب السيارة عن الشمس وعن الأرض
(معظم الأرقام مقربة إلى أقرب رقم صحيح)

الكوكب	بعده عن الشمس		بعده عن الأرض	دورته حول الشمس	
	بالوحدات الفلكية	بالآلاف الملايين الكيلومترات		مدتها	سرعتها
عطارد	٥٣٨	٥٧	٩٢	٨٨ يوما	٤٦ كم/ثانية
الزهرة	٧٢	١٠٨	٤١	٢٢٤ ١/٢ يوما	٣٥
الأرض	—	١٤٩	—	٣٦٥ ١/٢ يوما	٢٩
المريخ	١٥٢	٢٢٨	٧٩	٦٨٧ يوما	٢٤
المشتري	٥٢	٧٧٨	٦٢٩	١١٩٩ سنة	١٣
زحل	٩٥٤	١٤٢٨	١٢٧٩	٢٩٩٥ سنة	١٠
أورانوس	١٩١٨	٢٨٧٢	٢٨٢٣	٨٢ سنة	٦
نبتون	٣٠٠٦	٤٥٠١	٤٤٥٢	١٦٥ سنة	٥
بلوتو	٥٩٥٢	٥٩٠٤	٥٧٥٥	٢٤٨ سنة	٥

دورته حول نفسه تستغرق ٩٠ يوما، فهي بطيئة جدا بالنسبة لدورة الأرض حول نفسها. وكما هي الحال بالنسبة للقمر فإن أحد أوجه عطارد يكون دائما مواجه للشمس ويكون دائما نهارا بينما يكون وجهه الآخر دائما ليلا. ونظرا لقرب هذا الكوكب من الشمس فإن درجة حرارة وجهه المقابل لها تكون دائما مرتفعة جدا خصوصا في المنطقة الوسطى التي تسقط عليها الأشعة عمودية باستمرار، وفيها تزيد درجة الحرارة عن ٣٤٠° مئوية (٦٥٠° ف) وهي درجة تكفي لصهر بعض المعادن مثل الرصاص والصلب. وبسبب هذه الظروف لا يمكن أن يوجد أي نوع من أنواع الحياة على هذا الكوكب.

٢ - الزهرة Venus : وهي أقرب الكواكب إلى الأرض . و يبلغ البعد بين فلكيهما حوالي ٤١ مليون كيلومتر ، كما أن حجمها يكاد يقارب من حجم



شكل (١٥) حجم الكواكب بالنسبة إلى الشمس

الأرض ، وإن كان يقل عنه بنحو ٢٪ من حجم الأرض . و يبلغ بعد الزهرة عن الشمس ١٠٨ مليون كيلومتر (٧٧ ر . وحدة فلكية) وتختلف دورته حولها ٢٢٤ ٣/٤ يوم . وهي أبعد الكواكب في دورانها حول نفسها حيث تستغرق دورتها ٢٤٣ يوما . وهي محاطة بغلاف غازي كثيف مكون بصورة خاصة من ثاني أكسيد الكربون . وربما توجد معه كميات ضئيلة جدا من الأكسجين والنيتروجين وبخار الماء . ويبدو جو الزهرة بشكل سحاب كثيف يحول دون رؤية جسمها الصلب من الأرض . حتى أن اتجاه دورانها حول نفسها مازال غير مؤكد ، كما أن المدة التي تستغرقها هذا الدوران غير معروفة بالضبط . ولكن من المؤكد أن درجة حرارتها مرتفعة جدا ، وأنها تلتصق في الجزء الذي يظهر لنا ، وهو الجزء الذي تكون أشعة الشمس عندئذ ساطعة عليه حوالي ٣٠٠ مئوية . ويظهر هذا الجزء بأوجه مختلفة تتناوب في دورة معروفة تشبه الدورة التي تظهر بها أوجه القمر .

ونظرا لأن كوكبي عطارد والزهرة يقعان بين الأرض والشمس وأن أملاكهما جميعا تقع في مستوى واحد فاننا لا نرى منها إلا السطح المواجه للشمس . ويتردد الجزيء الذي يظهر لنا من هذا السطح بطريقة تشبه تدرج أوجه القمر ، إلا أن قرب هذين الكوكبين من الشمس لا يسمح برؤيتهما أثناء النهار ، وأفضل الأوقات لمشاهدتهما يكون قبل الشروق وبعد الغروب .

٣ - الأرض Earth : وهي إحدى الكواكب الصغيرة ، ويقع فلكها بين فلكي الزهرة والمريخ ، ولكنه أقرب إلى فلك الزهرة ، ويبلغ متوسط بعده عن الشمس ١٤٩ مليون كيلومتر (وحدة فلكية واحدة) ، وهي تتم دورتها حولها في $\frac{1}{365}$ يوم ، أما دورتها حول نفسها فتتخذ في ٢٤ ساعة ، وإن دورانها في فلكها حول الشمس هو المسئول عن تعاقب الليل والنهار كما أن موقعها المناسب من الشمس هو الذي جعلها أصح الكواكب لظهور الحياة وتطورها ، فهي ليست قريبة منها بدرجة تؤدي إلى اشتداد حرارتها ، أو بعيدة عنها بدرجة تؤدي إلى اشتداد برودتها بشكل يحول دون ظهور الحياة . كما أن دورانها حول نفسها بسرعة معقولة قد ترتب عليه توزيع الحرارة والضوء على سطحها بصورة تسمح بالحياة والنشاط فوق معظم أجزائها ، إلا في نطاقات محدودة عند القطبين . ويعتبر الغلاف الجوي والغلاف المائي للأرض كذلك من المميزات الرئيسية التي تميزها عن بقية الكواكب السيارة ، والتي تجعلها صالحة للحياة . وأما ما يلي الفصول القادمة دراسات طبيعية أكثر تفصيلا عن هذه الكواكب .

٤ - المريخ Mars : وهو جار الأرض من الناحية الأبعد عن الشمس . ويبلغ البعد بين فلكيهما حوالي ٧٩ مليون كيلومتر ، أي أنه يبعد عن الشمس بنحو ٢٢٨ مليون كيلومتر (١٥٢ وحدة فلكية) ولذلك فإنه أقل حرارة من الأرض ، وتتراوح معدلاته الحرارية بين ١٠° مئوية عند خط استوائه و ٧٠° عند قطبيه ، وهو أصغر حجما من الأرض حيث أن طول قطره يعادل نصف طول قطرها نظريا ، وتستغرق دورته حول نفسه $\frac{1}{24}$ ساعة ، أما دورته حول الشمس فتستغرق ٦٨٧ يوما . وهو محاط بغلاف غازي

رقيق لا يعرف تركيبه بالدقة، ولكن من المحتمل أن تكون به نسبة ضئيلة جد من بخار الماء . ولم يثبت حتى الآن وجود أى حياة تستحق الذكر على سطحه . وقد لوحظ أن منطقتيه القطبيتين تظهر لهما في فصل شتائه ألوان بيضاء ولكنها سرمان ما يخفى في الصيف . ويرى بعض الفلكيين أنها غطاءات ثاجية ولكنها رقيقة جدا لئلا تلبى في الصيف على الرغم من عدم ارتفاع درجة حرارته ، بينما يرى آخرون أنها عبارة عن سحب أبيض رقيق جدا من نوع السمحاق (السيروس Cirrus) العروف في جو الأرض ، وهو مكون من بلورات ثاجية خفيفة .

ويوجد للمريخ قران أكبر هما هو فوبوس Phobos وقطره حوالى ٨ كيلو مترات والثاني هو ديموس Deimos وقطره حوالى خمسة كيلو مترات ، وأولهما أسرع دورانا حول المريخ من الثاني ، فبينما تستغرق دورة الأول سبع ساعات و٣٩ دقيقة فإن دورة الثاني تستغرق ٣٠ ساعة و١٨ دقيقة .

الكواكب الخارجية Outer Planets

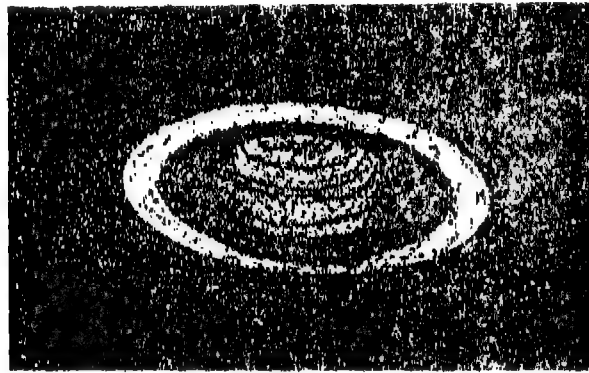
تختلف هذه الكواكب عن الكواكب الداخلية من عدة نواح ، فهي أضعف منها حجما ، وخصوصا المشتري ثم زحل ، وهما أكبر الكواكب على الإطلاق . وهي مكونة من مواد خفيفة لا تزيد كثافتها كثيرا عن كثافة الماء ، وجميعها شديدة البرودة جدا بسبب بعدها عن الشمس . وباستثناء بلوتو الذى لا يعرف تركيبه حتى الآن فإن الكواكب الأخرى ، وهي المشتري وزحل وأورانوس ونبتون . تشابهة في تركيبها ، فكل منها يتكون من نواة صخرية يحيط بها غلاف سميك من الجليد وبخامه غلاف غازى يتكون في جلته من النوشادر (الأمونيا) والميثين ، وفيما إلى وصف لكل كوكب من هذه الكواكب .

المشتري Jupiter : وهو أكبر الكواكب السيارة ، ويبلغ طول قطره ١٤٢٧٥٠ كيلو مترا ، وهو ما يعادل طول قطر الأرض أحد عشر مرة . وهو يستأثر وحده بنحو ٧٠٪ من المجموع الكلى لحجم الكواكب السيارة

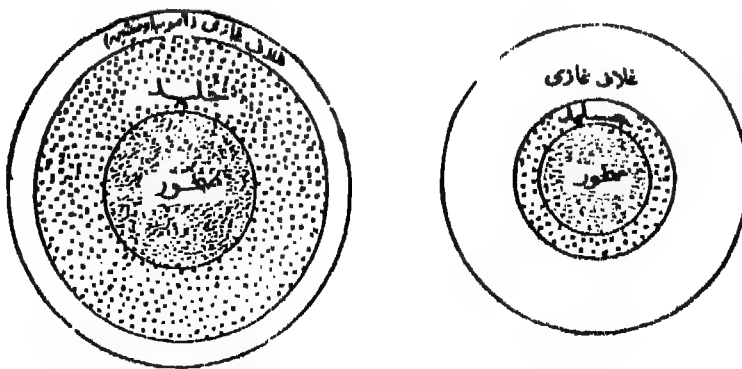
مجموعة، ويبادل حجمه حجم الأرض ١٤٠٠ مرة، وهو يبعد عن الشمس بنحو ٧٧٨ مليون كيلو مترا (٥٢٠ وحدة فلكية)، وتزيد المسافة بينه وبين المريخ عن المسافة بين أي كوكبين آخرين متجاورين ويتخذ بعض الباحثين هذه الحقيقة دليلا على أن مجموعة الكواكب (التي تقع في مكان متوسط تقريبا بين فلكي المشتري والمريخ) ربما كانت كوكبا واحدا ولكنه انفقت لسبب غير معروف. وسرعة دوران المشتري حول نفسه أكبر من سرعة دوران الأرض حول نفسها، فهو يتم الدورة حول نفسه في ٩ ساعات وعشرين دقيقة، وهذا هو طول يومه، أما دورته حول الشمس فتستغرق ١١٩ سنة. ونظرا لبعده عن الشمس فإنه شديد البرودة جدا. ويقدر معدل درجة حرارته بنحو - ١٣٨° م. ويعتقد الفلكيون أنه مكون من نواة صخرية صلبة قطرها حوالي ٧٠ ألف كيلومتر، ويحيط بها طبقة من الجليد سمكها ٢٥ ألف كيلومتر ويغلفها غلاف غازي كثيف سمكه تسعة آلاف كيلومتر ويتكون بصفة أساسية من الميثين والأمونيا (النوشادر). ويظهر هذا الغلاف بشكل سحب كثيفة تخجب جسم الكوكب تماما، وتقدر كثافة المشتري، بما في ذلك غلافه الغازي بحوالي ١٣٤. وهو أكثر الكواكب أقطاراً حيث يبلغ عدد أقطاره اثني عشرة قمرًا. والواقع أنه يكاد يكون مع تواضع نظاما خاصا به. وبعض أقطاره كبير الحجم حتى أن حجم بعضها يزيد عن حجم بعض الكواكب الصغيرة مثل عطارد. ومن الظاهرات الغريبة أن واحدا من أقمار المشتري يدور حوله في اتجاه معاكس للانحناء الذي تدور فيه بقية الأقمار.

زحل Saturn : وهو أنى بعد المشتري من حيث الحجم، ويبلغ طول قطره ١٠٥ آلاف كيلومتر. ويبدو منظره معبرا عن بقرصة الكواكب وجود حالات كبرى تدور حوله. وتتكون هذه الحلقات من ملايين الكتل الصخرية المتباينة الأحجام، وهو يبعد عن الشمس بنحو ٩٤٢٨ مليون كيلومتر، (٩٥٠ وحدة فلكية) وهو يتم دورته حول الشمس في ٢٩ ١/٢ سنة. أما

دورته حول نفسه فتستغرق عشر ساعات و ١٤ دقيقة ، ومعنى ذلك أن طول يومه يقل عن طول يومنا على الأرض ، وهو أشد برودة من المشتري ويباغ معدل درجة حرارته - ١٥٣° مئوية. وهو يشبه المشتري في تركيبه ولكنه أقل منه كثافة بصفة عامة حيث تبلغ كثافته في المتوسط ٧١ ر. فقط، وكما في الحال بالنسبة للمشتري فإنه يتكون من نواة صخرية قطرها حوالي ٤ ألف كيلومتر،



شكل (١٠) زحل



المشتري

زحل

شكل (١٧) تركيب زحل وتركيب المشتري

ويحيط بها غلاف غازي كثيف سمكه حوالي ٢٨ ألف كيلومترًا. وهو يأتي بعد المشتري من حيث كثرة عدد التوابع حيث يبلغ عدد أقماره عشرة أقمار، وتدور تسعة منها حوله في اتجاه واحد بينما يدور العاشر في اتجاه معاكس .

٧ - أورانوس Uranus : اكتشف هذا الكوكب سنة (١٧٨١) وهو صغير الحجم بالنسبة للمشتري وزحل ، ولكنه أكبر من الأرض بكثير حيث أن حجمه يزيد عن حجمها ٦٤ مرة . وهو يبعد عن الشمس بنحو ٢٨٧٧ مليون كيلومتر ، ويتم دورته حولها في ٨٤ سنة ، أما دورته حول نفسه فأسرع من دورة الأرض حول نفسها ، فهي تستغرق حوالي عشر ساعات ونصف . وهو أشد برودة من زحل والمشتري ، ويقدر معدل درجة حرارته بنحو - ١٨٣° م . وهو يشبه كلا من زحل والمشتري في تركيبه العام ، فهو يتكون من نواة صلبة تحيط بها طبقة جليدية يكاد سمكها يعادل سمك الطبقة الجليدية في زحل ، كما أن غلافه الغازي يشبه الغلاف الغازي لزحل والمشتري ، ويتبع هذا الكوكب خمسة أقمار .

٨ - نبتون Neptune : اكتشف هذا الكوكب في سنة ١٨٤٦ . وهو يبعد عن الشمس بنحو ٤٥٠١ مليون كيلومتر (٣٠.٦ وحدة فلكية) وتستغرق دورته حولها ١٦٥ سنة ، ويتبعه قمر واحد . وهو لا يختلف كثيرا من حيث الحجم أو التركيب عن أورانوس ولكنه أشد منه برودة ، ويقدر معدل درجة حرارته بنحو - ٢١٠° م ، ويبلغ سمك طبقة الجليدية نفس سمكها في كل من زحل وأورانوس وهو ٩٠٠٠ كيلومتر تقريبا . أما سمك غلافه الغازي فيبلغ نحو ٣٠٠٠ كيلومتر .

٩ - بلوتو Pluto : وهو آخر ما اكتشف من الكواكب السيارة ، وقد

تم اكتشافه في سنة ١٩٢٠ ، ويباغ بعده عن الشمس حوالي ٥٩.٩ مليون كيلو متر (٥٩.٩ وحدة فلكية) وتستغرق دورته حولها ٢٤٨٣ سنة ، ويلاحظ أن فلكه ليس موازيا لفلك نبتون بل إنه يتقاطع معه مما يجعله في بعض الأوقات أقرب منه إلى الشمس . ولا يزال حجم بلوتو غير معروف بالضبط ، ولكن من المعتاد أن حجمه قريب من حجم الأرض ، كما أن تركيبه مازال غير معروف .

الكويكبات Asteroids : وهي عبارة عن مجموعة من عدة آلاف من الكتل الصلبة التي تسبح في الفضاء المحصور بين فلكي المريخ والمشتري ، وهي معبأة في أحجامها بحيث يزيد قطر ليل منها من ٧٠٠ كيلو متر بينما يقل قطر الكثير منها عن كيلومتر واحد ويعتقد بعض العلماء أن هذه الكويكبات كانت في الأصل كوكبا متكاملًا ، ولكنه تفقت لسبب غير معروف وظلت أجزاؤه تدور في أفلاك قريبة من فلكه الأصلي . ولا تعتبر هذه الكويكبات من الكواكب للسيارة الذئب ، ولكنها على أي حال جزء من المجموعة الشمسية . وأكبرها هو الكويكب سيريس Ceres وقطره حوالي ٧٥٠ كيلو مترا ، وتوجد فيه ثلاثة كويكبات فقط يزيد قطرها على ١٥٠ كم ، أما الآلاف الباقية فأصغر من ذلك .

القمر

نظراً لقرب القمر من الأرض ولتأثيره المباشر على حياة الإنسان فقد احتل مركزاً هاماً في أفكار الشعوب وتخيلاتها منذ بدء الحياة البشرية حتى عصر الفضاء الحالي الذي وصل فيه الإنسان فعلاً إلى سطح القمر ، وبوصوله إليه أمكنه أن ينتقل في دراسته له من مرحلة الرصد البعيد إلى مرحلة الدراسة

المهنية على الحس والمشاهدة . وقد كانت بداية هذا الانتقال من الرحلة التي قام بها اثنان من رواد الفضاء الأمريكيين في سفينة الفضاء « أبولو ١١ » يوم ٢٠ يوليو سنة ١٩٦٠ . فقد تمول هذان الرجلان (وهما أرمسترونج وأولين) على سطح القمر والنقطة كثيرا من الصور وجمعا كثيرا من عينات الصخور والزربة ، وفي ١٢ نوفمبر سنة ١٩٦٠ قام رائدان آخران برحلة مشابهة في « أبولو ١٢ » والنقطة المزيد من الصخور وجمعا المزيد من العينات . وقد ألقى الملاحظات التي سجلها الرواد والدراسات التي أجراها العلماء على الصخور والعينات كثيرا من الضوء على طبيعة القمر فأصبحت المعلومات الخاصة به أكثر دقة وتفصيلا .

ويميل بعض العلماء إلى الاعتقاد بأن للقمر ليس مجرد تابع الأرض وإنما هو كوكب قائم بذاته ، وهو على كل حال أصغر حجما منها بكثير حيث أن حجمه يعادل ١/٨ من حجمها ، ويبلغ طول قطره حوالي ٣٤٨٠ كيلومترا أي أكثر قليلا من ١/٤ قطر الأرض . ومتوسط كثافته ٣٣٤٤ ، وهو أقل من متوسط كثافة الكرة الأرضية . ولذلك فإن كتلة الأرض تعادل كتلته ٨١ مرة كما ، أن جاذبيته تعادل ١/٦ من الجاذبية الأرضية ، ولذلك فإن الشخص الذي يسير أو يمشي فوقه يشعر دائما بأنه خفيف جدا لدرجة أنه يستطيع أن يقفز إلى أعلى دون بذل أي مجهود . ويبلغ متوسط البعد بين القمر والأرض ٣٨٤٠٠٠ كيلومتر . أما طول فلكه حولها فيبلغ ٢٨ مليون كيلومتر تقريبا .

تضاريس سطح القمر :

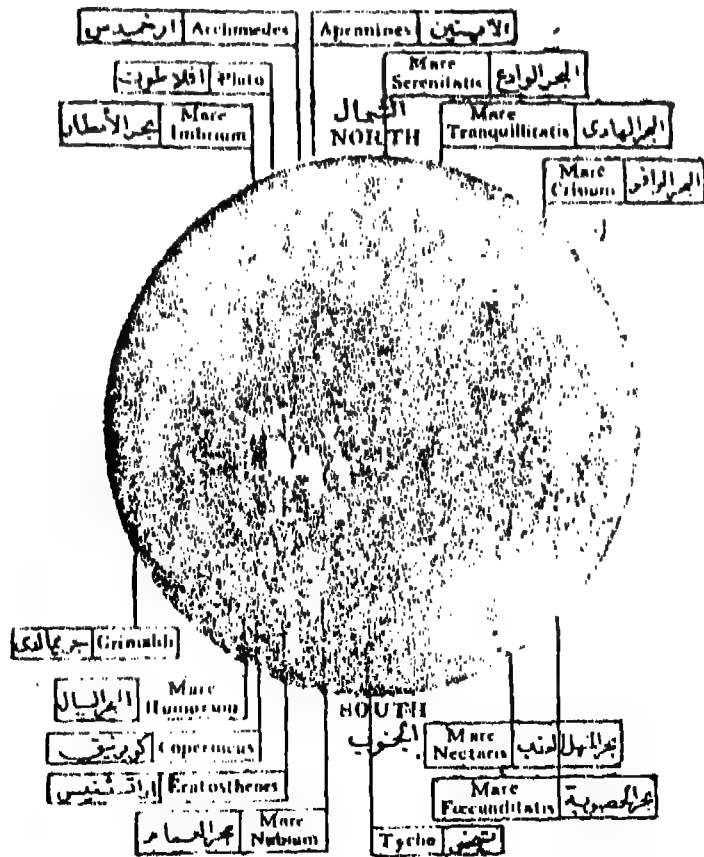
من الممكن حتى بالعين المجردة أن يدرك المرء أن سطح القمر ليس كله ذا طبيعة واحدة ، فبعض أجزائه يبدو داكنا وبعضها الآخر يبدو فاتحا ،

وقد ساعدت المناظر الفلكية المتقدمة حتى قبل عصر الفضاء على توضيح كثير من الحقائق الخاصة بسطح القمر بدرجة أمكن معها رسم بعض الخرائط له . وقد ظهرت في هذه الخرائط ثلاثة أشكال رئيسية للضارس هي :

(١) البحار *Maria* : وهي عبارة عن مسطحات واسعة ليس بها أى ماء ، ويبدو سطحها رماديا داكنا ، ويعزى ذلك إلى أن سطحها غطى بطبقة من اللافا البازلتية والرماد البركاني الناعم ، وتغطى كغيرها منها لربة حشة ناعمة من الرماد ومن فئات الصخور . ويكون سمك هذه القبة كبيرا إلى بعض المواضع بحيث يصل إلى بضعة أمتار . وقد أطلقت على هذه البحار أسماء خاصة مثل البحر الهادى *Mare Tranquillitatis* وبحر الأمطار *Mare Imbrium* وغيرها . ومعظمها أسماء يونانية قديمة موضوعة منذ عهد الجاليليو الذى كان له الفضل الأكبر فى كشف كثير من مظاهر سطح القمر بعد اختراعه للتلسكوب .

(٢) الجبال : وهي المناطق المرتفعة التى تفصل البحار بعضها من بعض ، ويعد بعضها بشكل سلاسل طويلة مرتفعة ، بينما يظهر بعضها الآخر بشكل قمم ركانية منعزلة ، وقد أعطيت لهذه الجبال أسماء معظمها مأخوذة من أسماء جبال الأرض مثل جبال الالب وجبال الأبنين وغيرها . وعلى الرغم من أن بعض سلاسل هذه الجبال ترتفع عن البحار المجاورة لها بحوالى ٦٠٠٠ متر إلا أنها لا تبدو واضحة للشخص الواقف على سطح القمر إلا إذا كانت قريبا منها ، أما إن بعد عنها بنحو كيلو مترين فإنه قد لا يدركها لأنها تكون ماثلة مع الأفق بسبب صغر حجم القمر ، وتبدو جبال القمر فاتح اللون بالنسبة للبحار التى حولها .

(٣) الفوهات : وهي موجودة على سطح القمر بأعداد كبيرة جداً ، ويقدر عددها بنضع مئات الآلاف ، وهي تشبه فوهات البراكين ، وبعضها فعلاً فوهات بركانية إلا أن أغلبها عبارة عن فجوات نتجت من ارتطام النيازك والشهب بسطح القمر . وبعض الفوهات كبيرة الحجم جداً بحيث يصل قطرها إلى بنضع عشرات من الكيلومترات . ومثل هذه الفوهات يمكن مشاهدتها وتصويرها من الأرض بالاستعانة بالمنظار المقربة ، ومع ذلك فإن أغلب الفوهات صغيرة الحجم وكثير منها لا يزيد قطره عن بضعة أمتار .



شكل (١٨) بحار القمر وجباله

نشأة القمر :

كما هي الحال بالنسبة لنشأة الأرض فإن نشأة القمر مازالت هي الأخرى غير معروفة ، على الرغم من وجود عدد من الافتراضات التي حاولت إلقاء بعض الضوء عليها . ومن أمثلة هذه الافتراضات افتراض يقول بأن القمر نفاً نشأ مستقلاً في نفس الوقت الذي نشأت فيه الأرض وبهذه الطريقة . وسنتكلم على نشأة الأرض في الفصل التالي .

وثمة افتراض آخر هو أن القمر انفصل من الأرض في المكان الذي يشغله حالياً القسم الشمالي من المحيط الهادئ . وقد جاء بهذا الافتراض عالم الفلك جورج داروين سنة ١٨٨١ ، حيث قال إن هذا الانفصال قد حدث بسبب دوران الأرض حول نفسها عندما كانت لا تزال ملتصقة . إلا أن هذا الافتراض واجه كثيراً من النقد حتى فلاذ معظم أهميته في الوقت الحاضر .

الفصل الثالث

حركات القمر وحركات الارض

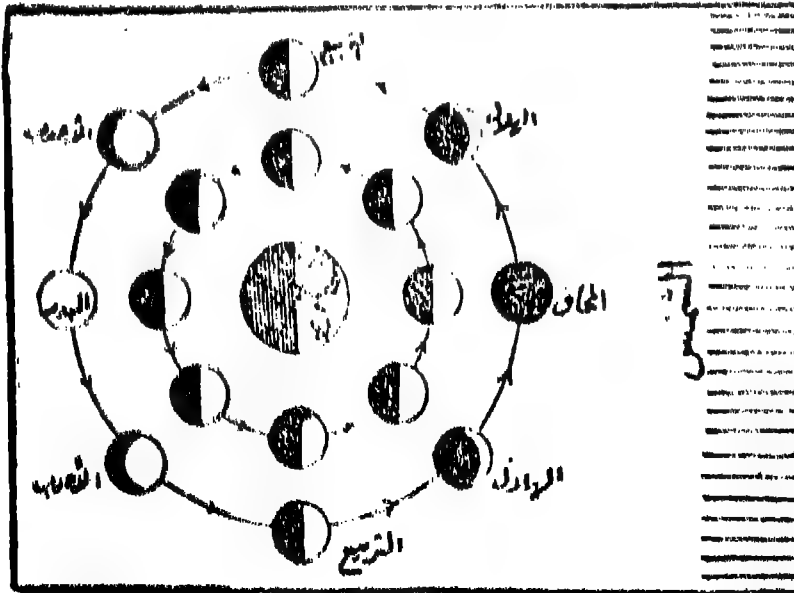
أولا - حركات القمر

أوجه القمر :

إن محصلة دوران القمر بسرعة معينة حول نفسه وحول الأرض ودورانها معا حول الشمس هي السبب في أن جانباً واحداً من القمر هو الذي يقابل الشمس باستمرار بينما يظل الجانب الآخر في الاتجاه المضاد فبذلك مظلماً باستمراره ويؤدي سقوط الأشعة الشمسية دائماً على الجانب المقابل للشمس أو على جزء منه على حسب الأوجه القمرية المعروفة إلى ارتفاع درجة حرارته ارتفاعاً شديداً ، بينما يظل الجانب الآخر مظلماً وشديد البرودة والجانب الذي تسقط عليه أشعة الشمس مباشرة هو الجانب الذي يظهر لنا كله أو بعضه مضيئاً على طول الشهر العربي على حسب النظام الذي تسير عليه الأوجه القمرية المعروفة والذي يحدد هذه الأوجه هو موقع القمر بالنسبة للشمس والأرض أثناء دورانه حول الأرض ، ففي أول الشهر العربي يكون القمر وانما بين الشمس والأرض على خط واحد فلا نرى منه شيئاً لأن جانبه المظلم هو الذي يكون مقابل لنا ، ونطلق عليه عندئذ اسم المحاق ، ولكن ما أن يبدأ الشهر حتى يأخذ الجانب الذي يواجه الشمس في الظهور تدريجياً تبعاً لدوران القمر حول الأرض من القرب إلى الشرق ، وبسقوط أشعة الشمس على الجزء الذي يظهر منه فإنه يظهر مضيئاً بشكل دلاك في أول الأمر ولكنه ينمو يوماً بعد يوم حتى يظهر في نهاية الأسبوع الأول بشكل نصف قرص يشتهر باسم التربيع الأول ، وفي حوالي يوم ١١ أو ١٢ من الشهر تكون حوالي ثلثه أربع القرص قد أصبحت مضيئة ، ويحرف القمر عندئذ باسم الأحدب ، فإذا كان منتصف الشهر

أصبح القرص كله مضيئاً وأصبح القمر بدراً . . وفي هذا الوقت يكون القمر قد أكل نصف دورة كاملة في فلكه حول الأرض . ويكون جهاته المضيئة كلها في مواجهة الأرض والشمس . ولكن مع استمرار دورانه حولها من الغرب إلى الشرق يأخذ الجزء المضيء من قرصه في التناقص بنفس الطريقة التي نراها بها في النصف الأول من الشهر ولكن بشكل عكسي ليمود أحداً فريباً ثانياً فملاً ثم ينتهي بالحاق^١ حيث يبدأ الشهر العربي التالي (أنظر شكل ١٩) .

والاعتاد عند ظهور أوجه القمر المختلفة هذا البدر ، ألا يكون الجزء المضيء من قرصه مخفياً تماماً بل إنه يكون مضاءاً بضوء خافت جداً . وليس هذا الضوء إلا الضوء الذي ينعكس نحوه من سطح الأرض . فكأن القمر يرسل إلينا ضوءه نتيجة لانعكاس أشعة الشمس على سطحه ، فإن الأرض هي



(شكل ١٩) أوجه القمر

الأخرى ترسل إليه الضوء بعد انعكاس أشعة الشمس عليها . ومن الطبيعي أن يكون الضوء الذي ترسله الأرض إليه أقوى بكثير من الضوء الذي يرسله هو إليها بسبب كبر حجمها بالنسبة إليه وتغطية القسم الأكبر من سطحها بالماء والغطاءات الجليدية التي يمكنها بفضل لمعانها أن تعكس كميات كبيرة من الضوء .

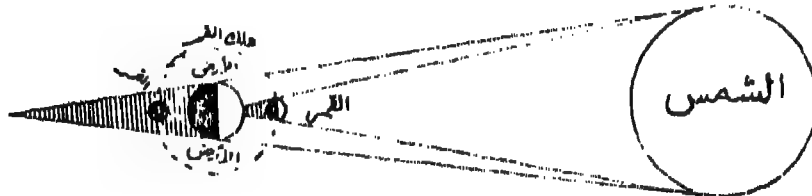
الشهر القمري (Lunar Month (or Synodic Month) : هو المدة التي تمر بين ظهور هلالين جديدين متتاليين ، وهي غالباً ٢٩ يوم تقريبا ، وهي أيضا المدة التي تمر بين ولوع الأرض والقمر والشمس على خط واحد (وضع الحاق) وعودتهما مرة أخرى إلى نفس الوضع . ويلاحظ أن هذا الشهر يزيد بمقدار يومين عن المدة التي يستغرقها القمر فعلا لإتمام دورة كاملة حول الأرض وهي ٢٧ يوم . وتحسب هذه المدة بمقارنة موقع القمر والأرض بالنسبة لنجم آخر غير الشمس ، وهي على هذا الأساس تمثل المدة التي تمر بين وقوع الأرض والقمر وأحد النجوم على خط واحد مرتين متتاليتين . ويطلق على هذه المدة تعبير الشهر النجمي Sidercal month ، (١) أما السبب في زيادة طول الشهر القمري عن الشهر النجمي بيومين فهو أنه بينما يكون القمر سالرا في دورانه حول الأرض فإن الأرض نفسها تكون آخذة في التقدم في فلكها حول الشمس بمعدل درجة واحدة في اليوم . وهذا يهتم على القمر أن يواصل دورانه لمدة يومين إضافيين في فلكه حولها حتى يصل إلى الوضع الذي يكون فيه هو والأرض والشمس على خط واحد (٢) .

(١) Sidercal أساسا لاتيني ومعناها 'المتعلق بالنجوم of the Stars' .

(٢) Namourtz · S. N. 4 · Stone, D. B., (Earth Science) (٢) 3rd ed. 1965, P. 394.

خسوف القمر Lunar Eclipse وكسوف الشمس Solar Eclipse :

نحدث هاتان الظاهرتان نتيجة لدوران القمر حول الأرض ودورانها معا حول الشمس . ففي أثناء هذا الدوران يحدث في بعض الأوقات أن تقع الأرض بين الشمس والقمر بحيث يسقط ظلالها عليه ، فعندئذ يحدث الخسوف ويبدو الجزء الواقع في الظل من القمر معتما . فالخسوف ببساطة أخرى هو تعيم القمر أو جزء منه نتيجة لسقوط ظل الكرة الأرضية عليه عندما تقع بينه وبين الشمس . وقد يكون الخسوف كليا إذا وقع القمر بأكمله في مخروط ظل الأرض وجزئيا إذا كان ظلالها يغطي جزءا منه فقط . ولا يحدث الخسوف إلا إذا كان القمر بدرا ، وإكته لا يحدث مع كل بدر لأن فلك القمر لا يقع في نفس مستوى فلك الأرض وإنما يميل عليه بمقدار خمس درجات ويستغرق الخسوف الكلي عادة حوالي ساعتين . وفي هذا الخسوف يبدو منطقة شبه الظل Penumbra (وهي المنطقة المحيطة بمنطقة الظل نفسها Umbra) معتمة بحيث لا تكاد نرى إلا بصعوبة .

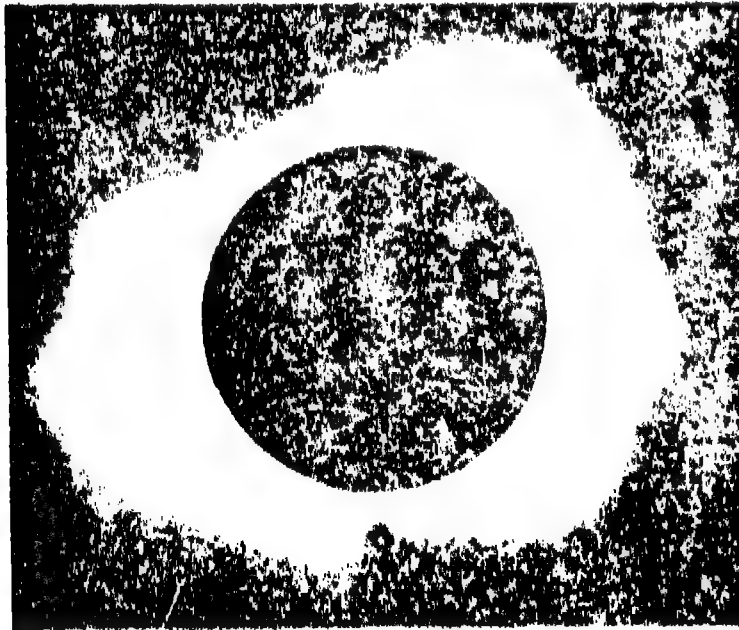


شكل (٢) خسوف القمر وكسوف الشمس

أما كسوف الشمس فيحدث عندما يقع القمر بين الشمس والأرض بحيث يسقط ظله على الأرض ، ولذلك فإنه لا يحدث إلا عند ظهور الهلال في أول الشهر ، وإكته لا يحدث في أول كل شهر بسبب ميل فلك القمر على مستوى فلك الأرض . وقد يكون الكسوف كليا Total Eclipse إذا حجب ظل القمر قرص الشمس كله، أو جزئيا Partial Eclipse إذا حجب جزءا منه،

ولكن إذا حدث ولم يعمل اعداد مخروط ظل القمر إلى الأرض فإن قرص الشمس يبدو وحوله حلقة دائرية مضيئة ، ويعرف هذا الكسوف بالكسوف الحلقى . Annular Eclipse

وكسوف الشمس أكثر حدوثاً من خسوف القمر ، ومع ذلك فإن المرات التي يمكن مشاهدته فيها أقل من المرات التي يشاهد فيها خسوف القمر لأن الكسوف لا يظهر إلا في منطقة صغيرة جداً بسبب تناقص مساحة مقطع مخروط ظل القمر بسرعة في المسافة المحصورة بينه وبين الأرض ، وبؤدى ذلك إلى أن الكسوف الكلى لا يرى إلا في شريط ضيق على سطح الأرض والواقع أن قطر مخروط الظل الذي يسبب هذا الكسوف يبلغ مادة ١٣٦ كيلو متراً فقط .



شكل (٧١) كسوف كلى (لاحظ وجود الهالة الضوئية حول الشمس)

وبلاحظ أنه ، بخلاف ما يحدث في الخسوف ، فإن منطقة شبه الظل على قرص الشمس تكون واضحة بحيث تسهل مشاهدتها ، ولا شك أن صغر المنطقة التي يظهر فيها الخسوف الكلي في مكان ما ، هو السبب في قلة مشاهدته ، حتى أنه يعتبر من الأحداث الفلكية النادرة التي يلتفت الفلكيون من مختلف بلاد العالم لرصدها في المنطقة التي ينتظر حدوثها فيها . وإن كان الخسوف الكلي للشمس يستمر ساعتين فإن الخسوف الكلي للشمس لا يستمر ثانياً إلا دقائق معدودة .

ثانياً - حركات الأرض

أولاً - خطوط الطول Longituden وخطوط العرض Latitudes :

إن خطوط الطول مرارة عن أنصاف دوائر ممتدة بين القطبين . وهي تقس الخطوط التي يطاق عليها كذلك تعبر خطوط الزوال Meridians of Longitude^(١) وذلك لأن الشمس ترتفع إلى أعلى وضع لها (الزوال) في كل الأماكن الواقعة على أي خط منها في منتصف النهار mid-day في وقت واحد . وسطح الكرة الأرضية مقسم إلى ٣٦٠ درجة طولية منها ١٨٠° إلى الشرق من خط جرينيتش (خط طول صفر) والـ ١٨٠° الأخرى إلى الغرب منه . وترجع أهمية خطوط الطول أهمية خاصة إلى علاقتها بتغير الزمن بين الشرق والغرب وإمكان استخدامها مع خطوط العرض لتحديد المواقع الجغرافية على الخرائط ومن الواضح أن خطوط الطول ليست متوازية وأن المسافة التي تشغلها الدرجة الطولية الواحدة هي أكبر ما تكون على خط الاستواء ثم تتناقص كلما اتجهنا نحو القطبين حتى تصل إلى أدناها عند القطب نفسه ، فعند

(١) كلمة Meridian مأخوذة من الكلمة اللاتينية Meridies ومعناها

Mid-day أي منتصف النهار (G . Kellaway, 1 58 . P. 8)

خط الاستواء يبلغ المسافة التي تشغلها الدرجة الطولية ١١١٥٣ كيلو مترا بينما يبلغ نصف ذلك المقدار عند خط عرض ٦٠° وتنتهي إلى لا شيء عند القطب .

أما خطوط العرض ، أو دوائر العرض ، فهي عبارة عن دوائر متوازية أكبرها هي دائرة خط الاستواء ثم يتناقص طولها تدريجيا كلما اتجهنا نحو القطبين على حسب شكل الكرة ، وإن توازي هذه الدوائر (أو الخطوط) هو الذي جعلها تعرف كذلك باسم خطوط العرض المتوازية Parallels of Latitude وقد قسم سطح الكرة الأرضية بين القطبين إلى ١٨٠° عرضية نسمون منها شمال خط الاستواء ونسمون منها جنوبه ، وعلى العكس من الدرجات الطولية التي يتناقص طول مسافتها كلما اتجهنا نحو القطبين فإن الدرجات العرضية كلها متساوية وخصوصا في العروض الدنيا أما في العروض العليا (١) فإن مساحة الأرض هناك يترتب عليها زيادة طول المسافة التي تشغلها كل درجة من الدرجات العرضية بعض الشيء عنها في بقية العروض ، فبينما نجد أن المسافة التي تشغلها للدرجة العرضية عند خط الاستواء مثلا هي ١١٠ كيلو مترات تقريبا فإنها تبلغ ١١١ كيلو مترا قرب القطبين ، وعلى الرغم من أن الفرق بينهما بسيط في حد ذاته فإنه يؤدي إلى بعض الخطأ في رسم خرائط العالم إن لم يحسب له حساب ، لأنه يؤدي إلى إظهار المناطق الواقعة في العروض العليا على الخريطة أوسع بكثير من المنطق المتساوية لها فعلا في العروض الدنيا .

وخطوط العرض لها أهمية مناخية وفلكية كبيرة بسبب علاقتها بحركة الشمس الظاهرية وتناوب الفصول ودرجة ميل الأشعة واختلاف طول الليل والنهار . كما أنها تستخدم مع خطوط الطول لتحديد مواقع الأماكن المختلفة وخصوصا في البحار والمحيطات والصهارى الواسعة والمناطق القطبية حيث لا توجد علامات جغرافية مميزة .

وأشهر الدوائر العرضية التي لها أهمية جغرافية وفلكية خاصة هي : خط الاستواء وهو خط العرض ، ومدار السرطان والجدى ودرجتاه ٢٣°٥ شمالا

(١) «العروض الدنيا» و «العروض العليا» ما تميزان طامال بقصد هما العروض القريبة من خط الاستواء والعروض القريبة من القطبين على الترتيب .

وجنوباً على الترتيب ، وهي معادلة ازواية ميل محور الأرض على الخط للممدودى ، تم الدائرتان القطبيتان ودرجتهما هي ٦٦٥° شمالاً وجنوباً ، وهي تعادل الزاوية التي يميل بها محور الأرض على المستوى الذى يقع فيه فلكها .

وخط الاستواء هو خط الاعتدال ، وترجع أهميته إلى أن نظام الفصول في شماله معاكس لنظامها في جنوبه ، كما أن أشعة الشمس لا تقبل عنه بأكثر من ٢٣٥° في أى وقت من الأوقات ، وأن طول الليل وطول النهار يتساويان عنده على مدار السنة .

أما السرطان ومدار الجدى فهما أهم خطين تصل إليهما الشمس في هجرتيها الظاهرية نحو الشمال ونحو الجنوب ، لما أن تصل الشمس في هجرتيها الظاهري شمالاً إلى مدار السرطان في ٢١ يونيو حتى تغفل راجعة نحو الجنوب إلى أن تصل إلى مدار الجدى في ٢١ ديسمبر فتزجج ثانية نحو الشمال . ومعنى ذلك أن الشمس لا تعتمد على أى خط عرض من الخطوط الواقعة وراء هذين المدارين من ناحية القطبين في أى وقت من الأوقات خلال السنة ، بينما تعتمد مرتين على كل خط عرض من الخطوط الواقعة بين المدارين وذلك أثناء هجرتيها الظاهري نحو الشمال ونحو الجنوب ، ويبلغ طول الفترة التي تفصل مرقى الاعتماد ستة أشهر على خط الاستواء نفسه ، ثم تتناقص كلما ابتعدنا عنه نحو المدارين ، اللذين يحدث الاعتماد على كل منهما مرة واحدة .

أما الدائرتان القطبيتان فهما يحددان بداية المناطق التي يوجد فيها يوم كامل أو أكثر لا تغرب له شمس في قلب الصيف ويوم كامل أو أكثر لا تشرق له شمس في قلب الشتاء . ويزيد عدد الأيام التي لا تغرب لها شمس في الصيف أو التي لا تشرق لها شمس في الشتاء كلما اقتربنا من القطبين حتى تصل إلى ستة أشهر عندهما .

الدوائر العظمى Great Circles : ويقصد بها الدوائر الطولية أو الدوائر

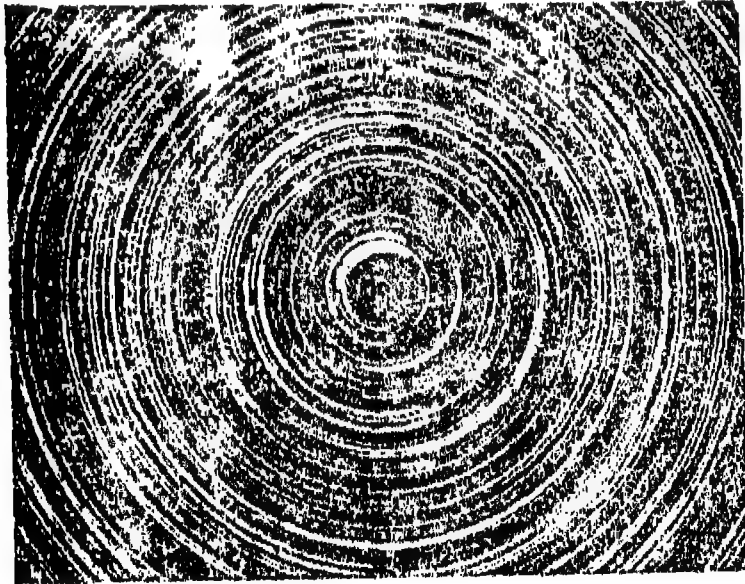
المرئية التي يمكن أن ينقسم بها سطح الكرة الأرضية إلى نصفين متساويين .

ولا توجد على هذا الأساس إلا دائرة عرض عظمى واحدة هي الدائرة الاستوائية ، أما الدوائر الطولية العظمى فيمكن أن يوجد منها أى عدد ، لأن أى خطى طول متقابلين تماما يمكن أن تكون منها دائرة عظمى ينقسم بها سطح الكرة الأرضية إلى نصفين متساويين .

الاهمية الجغرافية لدوران الأرض وميل محورها :

تدور الكرة الأرضية دورتين إحداها حول محورها Rotation وتستغرق ٢٤ ساعة ، والاخرى في فلكها حول الشمس Revolution وتستغرق $365 \frac{1}{4}$ يوم . وتنتقل الأرض في هذا الفلك بسرعة فائقة تبلغ حواله ٣٠ كيلو مترا في الثانية (١٠٨٠٠ كيلو متر في الساعة) .

وعلى الرغم من السرعة الفائقة التي تدور بها الأرض سواء حول نفسها أو في فلكها حول الشمس فاننا لا نشعر بها لان كل شئ عليها من صخور ومياه وهواء وحياة يتحرك في وقت واحد بنفس السرعة ولكن من الممكن



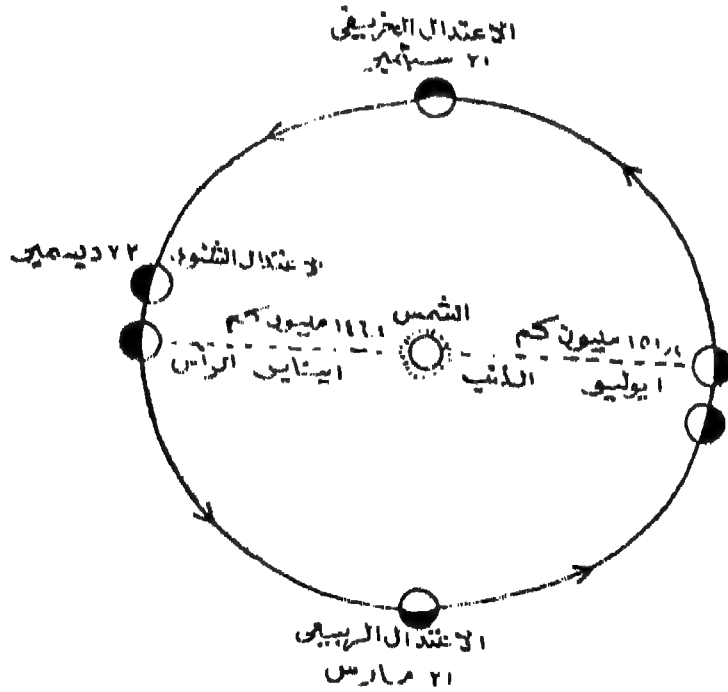
شكل (٢٧) منظر السماء مصور عند القطب وتبدو الاجرام السماوية وكأنها تدور بسرعة حوله مركز السماء أى حول النجم القطبي

أن نلاحظ هذا الدوران من المصور الفوتوغرافية التي أخذت طول الليل في المنطقة القطبية للنجم القطبي والنجوم القريبة منه (شكل ٧٧) فقد أظهرت المصور أن هذه النجوم قد دارت حول النجم القطبي الذي يشهد إليه محور الأرض فرسخت حوله مسالك دائرية ، ولما كانت هذه النجوم لا تتحرك فعلا بهذه المصورة فإن الخطوط الدائرية التي تبدو وكأنها سارت على طولها إنما سبها هو دوران الأرض حول محورها .

وعلى الرغم من دوران كل ما على الأرض نفسها في نفس اتجاه دوران الأرض حول محورها من الغرب إلى الشرق فإن حركة الرياح والسيارات البحرية قد تتحرر بعض الشيء من هذا الارتباط ، ولكنها مع ذلك تظل متأثرة بدوران الأرض ولكن بنظام خاص ، فالمعروف أن هذا الدوران يؤدي إلى انحراف الرياح إلى يمين اتجاهها في نصف الكرة الشمالي وإلى يساره في نصفها الجنوبي على حسب قانون مشهور هو قانون فرل *Ferrel's Law* ، ويظهر نفس هذا التأثير كذلك على اتجاه السيارات البحرية في المحيطات الواسعة ولكن بصورة أقل وضوحا منه بالنسبة للرياح .

وبما أن فلك الأرض حول الشمس أقرب إلى الشكل البيضاوي منه إلى الشكل الدائري ، فإن له مركزين ، شأنه في ذلك شأن أى شكل بيضاوي . ولذلك فإن الشمس قد توجد في أحد المركزين في بعض الاوقات ثم تنقل إلى المركز الآخر في اوقات أخرى ، على حسب ما يفرضه دوران الأرض نفسها ، ونتيجة لذلك فإن الأرض قد تكون أقرب إلى الشمس في بعض الاوقات منها في اوقات أخرى على حسب موقعها بالنسبة للمركز الذي تتواجد فيه الشمس . ومن المعروف أن الشمس في الوقت الحاضر تكون في وقت الانقلاب الشتوي (٢١ ديسمبر) واقعة في المركز الأقرب إلى الأرض ، ويبلغ البعد بينهما أدناه في أول يناير حيث يبلغ ١٤٦٩٤ مليون كيلومتر ، وبذلك إن الشمس موجودة وقتئذ في نقطة الرأس *Perihelion* . بينما يحدث

العكس في وقت الانقلاب الصيفي (٢١ يونيو) حيث تكون الشمس في المركز الأبعد عن الأرض ، ويبانح البعد بينهما أقصاه في أول يوليو حيث يبانح ١٥١٢ مليون كيلومتر وإلا حال إن الشمس عندئذ موجودة في نقطة الذنب Aphelion ^(١) (شكل ٢٣) وعلى الرغم من أن الأرض تكون في فصل الشتاء أقرب إلى الشمس بحواله ٨ مليون كيلومتر وأن الأشعة الشمسية التي تصل إلى أعلى جو الأرض في هذا الفصل أكبر من التي تصل إليه



شكل (٢٣) البعد بين الأرض والشمس في الفصول المختلفة

في الصيف بحواله ٧٪ فإن هناك عوامل مختلفة أخرى تؤدي إلى إلغاء تأثير هذه الزيادة، بل وإلى برودة فصل الشتاء، ومن أهمها شدة ميل أشعة الشمس في هذا الفصل مع قصر النهار ، وخصوصا كلما اتجهنا نحو القطبين ،

(١) helion باللاتينية من الشمس ، و Peri قريب ، و ap بعيد .

وكثرة ما يرتد إلى الفضاء من أشعة الشمس بواسطة السحب وغيرها من المواد العالقة دون أن يستفيد به جو الأرض (١) .

وبالإضافة إلى ما تقدم فإن دورتي الأرض وميل محورها في اتجاه واحد باستمرار لها نتائج جغرافية وفلكية غاية في الأهمية بسبب علاقاتها المباشرة بكل المظاهر الطبيعية والحيوية على سطح الأرض . ويمكننا أن نلخص هذه المظاهر فيما يلي :

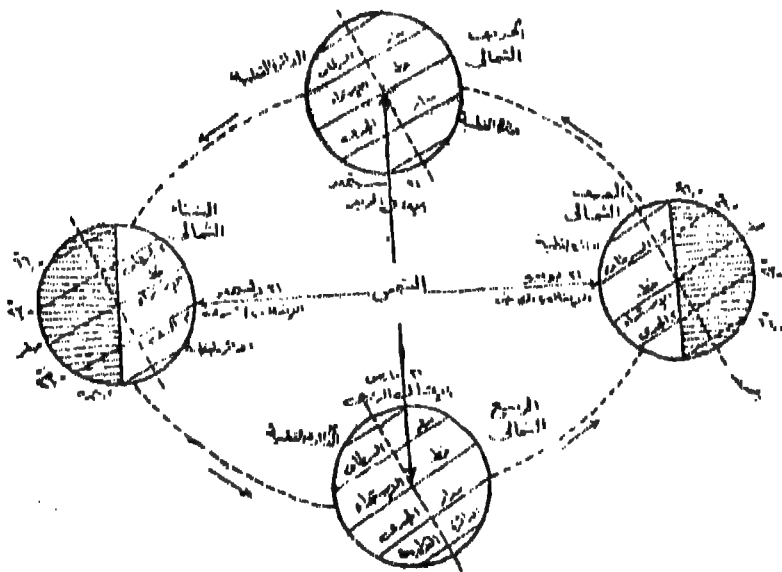
- أ - تعاقب الفصول على مدار السنة .
- ب - تناوب الليل والنهار وتباين طولهما .
- ج - اختلاف الزمن في الأماكن الواقعة على خطوط طولية مختلفة .

تعاقب الفصول :

يرجع هذا التعاقب إلى دوران الأرض في فلكها حول الشمس وميل محورها مع بقا هذا الميل ثابتا في اتجاه واحد بزاوية قدرها 23.5° على الاتجاه العمودي على المستوى الذي يقع فيه هذا الفلك . فهذان العاملان هما اللذان يؤديان إلى هجرة الشمس هجرة ظاهرية على دائرة البروج ما بين المدارين مما يجعلها تعامد مرة في السنة في نهاية رحلتها نحو الشمال على مدار السرطان في ٢١ يوليو ، وهو يوم الانقلاب الصيفي ، ومرة أخرى في نهاية رحلتها نحو الجنوب على مدار الجدي في ٢١ ديسمبر ، وهو يوم الانقلاب الشتوي . وفي أثناء تعامدها على مدار السرطان يكون القطب الشمالي في أقرب وضع له إليها بينما يكون القطب الجنوبي على أبعد وضع له عنها وهكذا يكون الفصل صيفا في شمال خط الاستواء بينما يكون شتاء في جنوبه (شكل ٢٤) .

(١) تعرف هذه الظاهرة باسم « الألبيدو الأرضي Earth's Albedo » ، يقصد بها قدرة الأرض وجوها على رد أشعة الشمس إلى الفضاء دون أن تتأثر بها حرارة الجو .

وفي أثناء تحرك الشمس الظاهري بين المدارين فإنها تتعامد مرتين على كل العروض الواقعة بينهما ، إلا أن الفترة التي تمر بين مرتي التعامد تبلغ أقصاها وهو ستة أشهر (٢١ مارس و ٢١ سبتمبر) على خط الاستواء ثم تتناقص تدريجيا كلما اتجهنا نحو القطبين حتى لا يكون هناك إلا مرة تعامد واحدة على كل مدار من المدارين . ومرتا تعامد الشمس على خط الاستواء هما المعروفان باسم الاعتدين .



شكل (٢٤) تعاقب الفصول

تتابع الليل والنهار وتباين طاولتهما :

إن تعاقب الليل والنهار هو النتيجة المباشرة لكروية الأرض ولدورانها حول محورها أمام الشمس مرة واحدة كل يوم ، ولكن إذا فرض وكان محور الأرض موديا على مستوى فلكها حول الشمس لكان طول الليل وطول النهار متساويين باستمرار على مدار السنة في كل مكان على سطحها ، ولذلك فإن

ميل المحور على هذا المستوى هو المسئول عن العيائن الذي نعرفه في طول الليل والنهار في كل العروض ماعدا منطقة خط الاستواء الذي يتساوى فيها طولها طوال السنة تقريبا . فباستثناء هذه المنطقة نجد أن طول نهار الصيف يزيد دائما من طول ليله بينما يزيد طول ليل الشتاء عن طول نهاره في كل العالم . ويترابذ الفرق بينهما تدريجيا خلال الصيف كلما اقتربنا من يوم الانقلاب الصيفي^(١) Summer solstice ، وخلال الشتاء كلما اقتربنا من يوم الانقلاب الشتوي Winter solstice ، ولذلك فإن أطول نهار وأقصر ليل في السنة يكونان في يوم ٢١ يونيو في نصف الكرة الشمالي وهو تاريخ الانقلاب الصيفي، بينما يكون أقصر نهار وأطول ليل في نفس النصف في يوم ٢١ ديسمبر وهو تاريخ الانقلاب الشتوي . ويترابذ الفرق بينهما تدريجيا كلما بعدنا عن خط الاستواء نحو القطبين ، ففي يوم الانقلاب الصيفي مثلا يكون طول النهار عند خط الاستواء ١٢ ساعة ثم يزيد إلى ١٥ ساعة عند خط عرض ٤٠° شمالا و ٢٠ ساعة عند خط عرض ٦٣° و ٢٤ ساعة عند الدائرة القطبية ، أي يكون هذا اليوم عندها كله نهارا ، ثم يزايد عدد الايام التي تكون كلها نهارا حتى تصل إلى شهر كامل عند خط عرض ٦٧° وأربعة أشهر عند خط عرض ٦٨° ثم ستة أشهر عند القطب الشمالي نفسه ، وفي هذا الوقت يكون القطب الشمالي في أقرب وضع له إلى الشمس ويدور هو والمنطقة المحيطة به باستمرار في ضوء الشمس ، بينما يكون القطب الجنوبي في أبعد وضع له عنها ويدور هو والمنطقة المحيطة به باستمرار في المنطقة التي لانصلها أشعة الشمس طول السنة أشهر ، ويحدث عكس ذلك تماما في فصل الشتاء .

أما في فصلي الربيع والخريف ، وهما فصلا الاعتدالين فتكون الشمس

(١) Solstice كلمة أصلها لاتيني من مقطعين هما sol ومعناها شمس و elio ومعناها يعترف

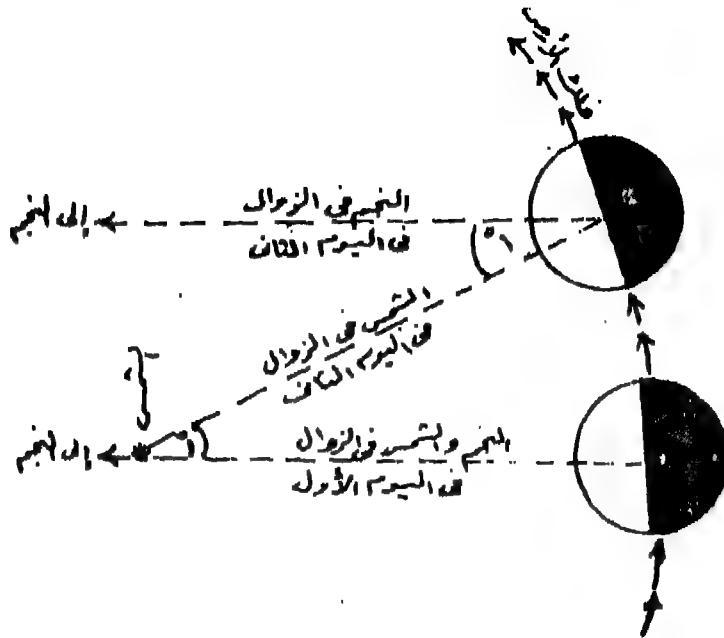
معتمدة على خط الاستواء ، وعندئذ يكون الليل والنهار متساويين تقريبا في كل العروض ، ويصنعون طول كل منها ١٢ ساعة ، ويحدث الاعتدال الربيعي (١) Spring Equinox عندما تصل الشمس إلى خط الاستواء أثناء هجرتها الظاهرية نحو الشمال ، ويكون ذلك في ٢١ مارس بينما يحدث الاعتدال الخريفي Autumn Equinox عندما تصل الشمس إلى هذا الخط أثناء هجرتها الظاهرية نحو الجنوب . ويكون ذلك في ٢٢ أو ٢٣ سبتمبر .

اليوم النجمي Sidereal day واليوم الشمسي Solar day :

قبل أن ننهي كلامنا على تعاقب الليل والنهار نتيجة لدوران الأرض حول نفسها يحسن أن نحدد هنا المقصود بـ «يومين فلكيين متساويين» ، أما اليوم النجمي « » واليوم الشمسي « » ، فالمقصود باليوم النجمي هو المدة التي تنقضي بين ظهور نجم من النجوم في سمت الرأس في ليلتين متتاليتين ، وهي تمثل الوقت الذي تستغرقه الكرة الأرضية في الدوران حول محورها مرة واحدة ، ومقدارها ٢٣ ساعة و٥٦ دقيقة و٩ ثوان ، أما اليوم الشمسي فهو المدة التي تنقضي بين ظهور الشمس في أعلى وضعها (الزوال) في يومين متتالين ، وهو يبلغ ٢٤ ساعة ، أي يزيد من اليوم النجمي بمقدار ٣ دقائق و٥٦ ثانية .

وعلى الرغم من أن اليوم النجمي هو الذي يبين المدة الحقيقية التي تستغرقها الأرض في إتمام دورة حول نفسها بالعبط فإنه لا يهم إلا الفلكيين ، أما اليوم الشمسي فهو الذي يهمنا في كل الدراسات وكل مظاهر الحياة لأنه يمثل محصلة العلاقة الواقعة بين دوران الأرض حول نفسها وبين حركة الشمس الظاهرية . أما السبب في زيادة طول اليوم الشمسي بمقدار ٣ دقائق و٥٦ ثانية عن اليوم

(١) Equi = متساوي و nox = ليل ، والسكلة من أصل لاتيني ومعناها تساوي الليل والنهار .



شكل (٢٥) عودة الأرض إلى وضعها تحت الشمس

النجم فيرجع إلى أنه في الوقت الذي تدور فيه الأرض حول محورها فإن الشمس نفسها تكون سائرة في رحلتها الظاهرية عبر البروج . ولذلك فإن الأرض تحتاج إلى زيادة دورتها قليلاً بقدر درجة واحدة لكي تلتحق بها وتصل إلى نفس الموقع الذي كانت فيه تجاهها مباشرة . والوقت الذي تستغرقه الأرض لإتمام هذه الزيادة هو ٣ دقائق و ٥٦ ثانية ويتكرر هذه العملية كل يوم فإن مجموع الزيادات التي تتجمع في سنة كاملة يكون معادلاً لدورة كاملة بالضبط من دوران الأرض حول نفسها . ومعنى ذلك أنه على الرغم من أن عدد أيام السنة كما نعرف هو $365 \frac{1}{4}$ يوم فإن عدد الدورات التي تعبرها الأرض فعلاً في هذه المدة هو $366 \frac{1}{4}$ دورة .

(١) محمد عبد السلام السكرداني - « التيجوم في ملبسها » - ١٩٣٣ م - صفحة ١٦٥ .

الختلاف الزمن :

إن التغير الذي نلاحظه على الوقت كلما سافرنا شرقا أو غربا هو أحد النتائج المهمة لدوران الأرض حول محورها من الغرب إلى الشرق بسرعة ثابتة أمام الشمس ، ويعتقد معدل تغير الزمن على السرعة التي تدور بها الأرض حول محورها . ويمكن قياس هذه السرعة بالمسافات أو بالدراجات . فحسابها بالمسافات يكون على أساس قسمة طول دائرة العرض على ٢٤ ساعة . ولكن نظرا لأن طول دوائر العرض يتناقص من خط الاستواء نحو القطب فإن المسافة التي تقطعها أى نقطة على الدائرة الاستوائية أثناء دوران الأرض حول نفسها من الغرب إلى الشرق تزيد عن المسافة التي تقطعها أى نقطة على أى دائرة عرضية أخرى في نفس الزمن ، ولذا نقص المسافة بالتدرج كلما اتجهنا نحو القطبين . فبينا تقطع أى نقطة على الدائرة الاستوائية مسافة ٤٠٠٧٧ كيلومترا (١٥٠٠٠ ميل وهو طول هذا الخط) في ٢٤ ساعة أى بسرعة ١٦٧٠ كيلو مترا في الساعة فإن أى نقطة على دائرة عرض ٦٠° ، التي يبلغ طولها حوالي نصف طول الدائرة الاستوائية تكون سرعتها ٨٤٠ كيلومترا في الساعة فقط ، لأن هذه الدائرة سبيل دورتها كذلك في نفس المدة أى في ٢٤ ساعة . أما عند القطب نفسه فإن السرعة تكاد تنعدم ، ولو فرض أن شخصا كان واقفا في هذه النقطة لمدة ٢٤ ساعة فكل ما سيحدث له أنه سيدور حول نفسه دورة واحدة في هذه المدة .

أما حساب السرعة بالدراجات فيعتمد على أساس أن كل دائرة من دوائر العرض مقسمة إلى ٣٦٠ طولية وأن كل دائرة منها تكمل دورة كاملة كل ٢٤ ساعة . ومعنى ذلك أن سرعتها تكون ١٥° في الساعة أو درجة واحدة في كل ٤ دقائق ، وهي سرعة واحدة على كل دوائر العرض ولذلك فإنها هي

المستخدمة في تحديد الزمن وفي حساب الفروق الزمنية بين أى مكان والاماكن الموجودة في فترة والاماكن الموجودة في غيره حتى ولو كانت واقعة في عروض مختلفة وذلك على أساس إضافة ساعة لكل ١٠° طولية أو ٤ دقائق لكل درجة واحدة إن كنا متجهين نحو الشرق أو طرحها إن كنا متجهين نحو الغرب.

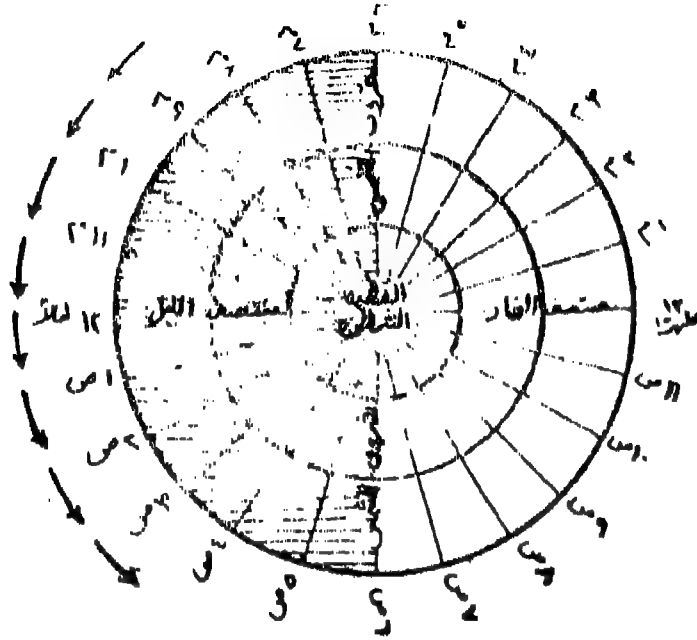
التوقيت المحلي والتوقيت القياسي :

والكل مكان على سطح الارض توقيت محلي خاص به . ويحسب هذا التوقيت بالنسبة لتوقيت جرينيتش بعد أن يضاف إليه أو يطرح منه الفرق الزمني المناسب لحظ طول المكان شرق خط جرينيتش أو غربه : ويحسب هذا التوقيت مادة على أساس الوقت الذي تكون فيه الشمس في أعلى وضع لها في السماء وهو وقت الظهر أو الزوال . ويكون هذا الوقت دائما واحدا في كل الاماكن الواقعة على خط طول واحد ، وهذا هو السبب في تسمية خطوط الطول باسم Meridians . فهذه الكلمة مأخوذة من أصل لاتيني هو Meridies ومعناها Mid - day أى الظهر أو الزوال .

ولا يستخدم التوقيت المحلي غالبا إلا لتحديد مواعيت الصلاة ومواعيت الصيام والافطار في البلاد الإسلامية ، وفيها هذا ذلك فإنه من غير العملي أن تستخدم كل مدينة أو كل قرية في الدولة الواحدة توقيتها المحلي في شئون الحياة العامة لما يترتب على ذلك من اضطراب في تنسيق أعمال الدولة ومواصلاتها الداخلية والخارجية ، ولذلك فقد رأى توحيد التوقيت في نطاقات متعاقبة ، أو في الدولة الواحدة . وأصبح هناك ما يعرف بالتوقيت (أو الزمن) القياسي Standard time . وبمقتضاه اتفق على تقسيم سطح الكرة الأرضية إلى نطاقات طولية يشغل كل منها ١٥° طولية إهداء من خط جرينيتش ، بحيث يستخدم في كل نطاق منها توقيت موحد هو التوقيت الزوال لأحد خطوط الطول التي

تتضمنه وصرح في القسم من الشرق في القياس بها أنه - مرادف ذلك أنه الفرق الزمني بين أي نطاق والقطاع الجغرافي هو مائة واحدة (١). ولكن على الرغم من أن هذا القدر من القياس هو المفقود عليه دوايا فإن كثيرًا من الدول لا تعهد به لأهداف قومية أو لأشباب تتعلق بمساحتها أو موقعها، والامتداد هو أن تتعار الدول خطوط طول ماصتها أو إحدى مدنها الأخرى أو إحدى مزارعها الكبرى أساسا لتوقيتها الموحد. فصر مثلاً تسير على توقيت خط طول مرصد حلوان قرب القاهرة وفرنسا تسير على توقيت خط طول مرصد باريس وبريطانيا تسير على جرينيتش والمند على توقيت خط طول مرصد مدراس. وهكذا، إلا أن الدول ذات الامتداد الشاسع بين الشرق والغرب مثل الاتحاد السوفيتي والولايات المتحدة وكندا وجدت أن توقيتها قياسيا واحدا ليس كافيا لما تقسمت نفسها إلى أكثر من نطاق زمني واحد، سواء على أساس النطاقات القياسية المتفق عليها (كل ١٥° طولية) أو على أساس أي تقسيم جغرافي آخر. ففي الولايات المتحدة توجد أربعة نطاقات زمنية، لكل منها توقيت القياسي، ففي الشرق يستخدم توقيت خط طول ٧٥° غرباً، وفي الوسط توقيت خط ٩٠° غرباً، وفي إقليم الجبال توقيت خط ١٠٥°، وفي الغرب توقيت خط ١٢٠°. ويوجد في الاتحاد السوفيتي أكبر عدد من النطاقات الزمنية وهو أحد عشر نطاقاً، وتأتي بعدها كندا وبها ستة نطاقات، ويطلق مثل هذا التقسيم كذلك في المحيطات الواسعة، حيث يقوم البحارة والمسافرون بتعديل ساعاتهم باستمرار كلما انتقلت الباخرة من نطاق زمني إلى النطاق الجاور له، أي كل ١٥° طولية (شكل ١٦).

(١) اتفاق على تحديد الأوقات القياسية بهذه الطريقة في مؤتمر دولي عقد خصيصاً لبحث هذا الموضوع في واشنطن سنة ١٨٨٤.



شكل (٧٦) نطاقات الزمن

خط التاريخ الدولي International Date Line

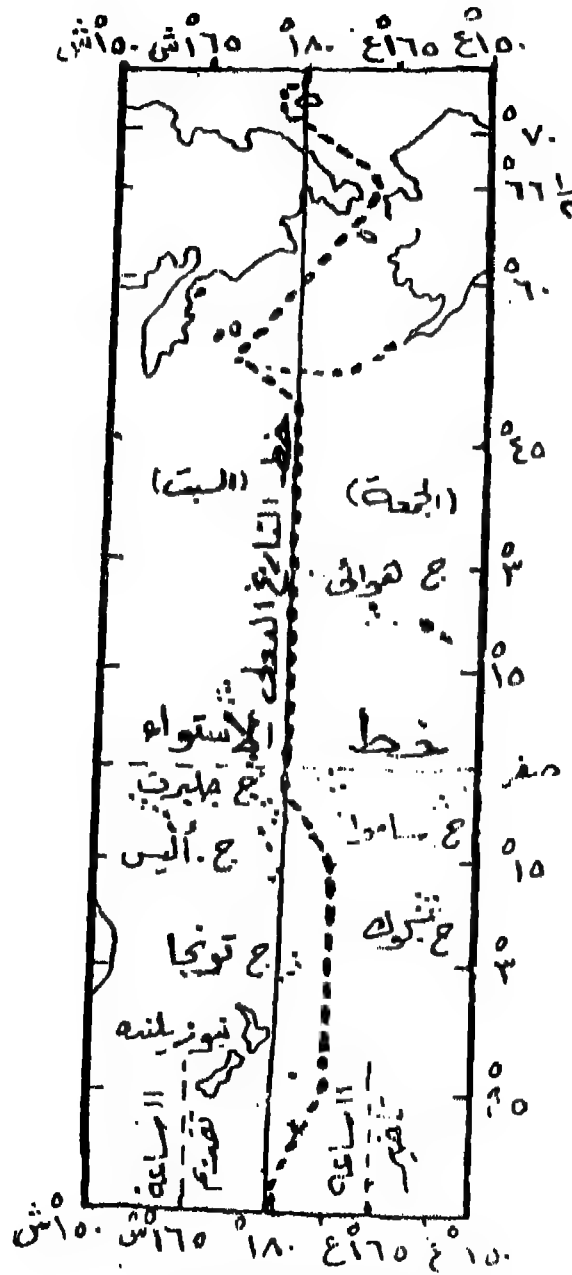
المقصود بهذا الخط هو خط العاقل الذي يغير منه التاريخ ، إما بتقديم يوم كامل أو تأخير يوم كامل عن التاريخ السابق لعبوره . وقد اتفق دولياً^(١) على أن خط طوله ١٨٠° الذي يقطع المحيط الهادئ من أقصى شماله إلى أقصى جنوبه هو أصلح خط لهذا الغرض ، حيث أن الفرق الزمني بين توقيته وتوقيت جرينيتش يبلغ في مجموعه ٢٤ ساعة أي يوماً كاملاً ، لأن توقيته يسبق توقيت جرينيتش بمقدار ١٢ ساعة لو حسبناها بالسفر شرقاً ، وتأخر عنه بمقدار ١٢ ساعة لو حسبناها بالسفر غرباً) ولذلك فإن المسافرين عبر المحيط الهادئ يضطرون لتغيير اليوم أو لاثباته كما هو عند عبورهم لهذا الخط على

(١) تم هذا الاتفاق و مؤتمر واشنطن سنة ١٨٨٤

حسب اتجاههم عند عبوره ، فإن كانوا متجهين نحو آسيا فانهم يسقطون من حسابهم يوما كاملا فاذا كان وصولهم إلى هذا الخط يوم جمعة فانهم يسقطون يوم السبت ويتقلون مباشرة إلى يوم الأحد ، أما إن كانوا متجهين نحو أمريكا فانهم يكررون يوم الجمعة نفسه دون تغيير .

وقد كان عدم تلبه بحارة ماجلان الذين بقوا على قيد الحياة بعد رحلتهم حول العالم إلى هذه الحقيقة هو السبب في جهلهم عند ما وصلوا إلى برشلونه في أسبانيا فقد فوجئوا بأن يوم وصولهم إلى أسبانيا كان يوم ٨ سبتمبر سنة ١٥٢٢ ، في حين أنهم كانوا يعتقدون بحسابهم أنه يوم ٧ سبتمبر . ولو أنهم تدبروا إلى ضروره تغيير التاريخ عند عبورهم لخط طول ١٨٠° لما حدث هذا الاختلاف .

ولما كان خط ١٨٠ يمر في بعض المناطق في وسط بعض الاراضي والجزر التي تتبع دولا معينة فقد وجد أنه من المصلحة إجراء بعض التعديلات المحلية على اتجاه خط التاريخ الدولي حتى يطبق في مثل هذه الجزر أو الاراضي نفس التاريخ المطبق في الدولة التي تتصل بها أو التي تكون قريبة منها ، ولهذا السبب نجد أن هذا الخط ينقوس نحو الشرق في منطقة بوغاز بهرج لكي يكون التاريخ المطبق في الطرف الشرقي لسيبيريا هو نفس التاريخ المطبق في الجانب الآسيوي . وإلى الجنوب من ذلك ينحرف الخط مرة أخرى نحو الغرب لكي يكون التاريخ في كل جزر ألوشيان هو نفس تاريخ الجانب الأمريكى . وإلى الجنوب من خط الاستواء ينحرف الخط نحو الشرق بنحو ٧١/٢ طولية ، لكي يكون التاريخ في مجموعات جزر فيجي وتونجا وغيرها من الجزر الموجودة في نفس المنطقة هو نفس التاريخ الموجود في نيوزيلنده (أنظر شكل ٢٧) .



شكل (٢٧) خط التاريخ للبحول

الفصل الرابع

أصل الأرض

تهتم :

كان موضوع « أصل الأرض » من أعقد الموضوعات التي واجهت المفكرين منذ أن بدأت النهضة الأوروبية في القرن الخامس عشر .

وعلى الرغم من التقدم العلمي الحديث وكثرة ما كتب في هذا الموضوع فإنه مازال ، وسيظل دائماً ، يهدى الفكر البشرى . وقد ظهرت خلال القرون الثلاثة الأخيرة آراء ونظريات عديدة حاولت الوصول إلى تفسير معقول للطريقة التي نشأ بها النظام الشمسي عموماً وكوكب الأرض خاصة . وعلى الرغم من أن بعض النظريات قد استندت إلى بعض الحقائق العلمية الحديثة فإن كل النظريات دون استثناء قد عجزت عن تفسير بعض الحقائق المهمة المتعلقة بالنظام الشمسي ، ولم تظهر حتى الآن نظرية يمكنها أن تدمج بأنها نجحت في إعطاء التفسير المقتنع لكل المظاهر المعروفة عن هذا النظام ، والواقع أن أى نظرية من النظريات لا بد أن تنهار أو أنها تعارضت مع أية حقيقة من الحقائق الثابتة ، مما كانت الأسس العلمية التي استندت إليها هذه النظرية ، ومن أمثلة الحقائق المهمة التي يجب على أية نظرية أن تكون قادرة على تفسيرها ما يأتي :

- (١) دوران كل الكواكب السيارة حول الشمس في اتجاه واحد ، ودورانها حول نفسها في اتجاه واحد كذلك .
- (٢) وجود الكواكب كلها في مستوى واحد .
- (٣) دوران أحد أقمار المشتري وأحد أقمار زحل في اتجاه مضاد لاتجاه دوران بقية الأقمار .

(٤) تتقاطع تلك النجوم مع تلك البقعة ، على الرغم من أن أفلاكها في الكواكب متوازية .

(٥) كون المسافات التي تفصل ما بين الكواكب تتابع متوالية حسابية تقريبا بحيث تكون المسافة بين أي كوكب وجاره الأبعد منه عن الشمس ضعف المسافة بينه وبين جاره الأقرب إليها .

(٦) البنية الحديدية لدوران الشمس حول نفسها ، ينعكس دوران الكواكب حول نفسها ، على الرغم من أن أغلب النظريات توحي بأن هذا الدوران كان يجب أن يكون أسرع من ذلك بكثير .

نظريات تفسير نشأة المجموعة الشمسية ونشأة الأرض :

إن يمكننا هنا من ذكر كل النظريات التي وردت في هذا الموضوع ، وسنكتفي بعرض مختصر لأهم النظريات وأشهرها . وسنقسمها على أساس الافتراضات الرئيسية التي بنيت عليها إلى مجموعتين هما :

أولاً :- نظريات تفترض أن الشمس نشأت من جزليات صلبة أو غازية كانت تسبح منذ الأزل بكثرة هائلة في الفضاء وتجمعت بشكل سحب ضخمة من نوع السدم ، ثم انفصلت الكواكب عنها في مرحلة تالية . وسنطلق على هذه النظريات تعبير « نظريات الجزليات الكونية والسدم » ومن أشهرها :

١ - نظرية الفيلسوف الألماني كانت Immanuel Kant سنة ١٧٥٥ .

٢ - نظرية العالم الفرنسي لابلاس Laplace سنة ١٧٩٦ ، وهي التي اشتهرت باسم النظرية السديمية .

٣ - النظرية الحديثة التي اقترحها الباحث الأمريكي ويل L. Whipple سنة ١٩٤٨ وأطلق عليها اسم « نظرية سحابة الغبار » .

ثانياً :- نظريات تفترض أن الشمس كانت موجودة منذ الأزل ثم انفصلت عنها الكواكب بطريقة أو بأخرى ، ومن أهمها النظريات التي تفترض

(مع اختلاف التفاصيل) أن انفصال الكواكب قد حدث نتيجة لحدوث مد شديد في سطح الشمس بسبب جاذبية نجم آخر أضخم منها أثناء مروره على مقربة منها.

وسنطلق على هذه النظريات عموماً اسم « نظريات المد الغازي » أو « المد النجمي » ، ومن أشهرها النظريات الآتية -

١ - نظرية الكويكبات Planetsimal Hypothesis ، التي اقترحها العالمان الأمريكيان تشمبرلين Chamberlain ومولتون Moulton سنة ١٩٠٥ -

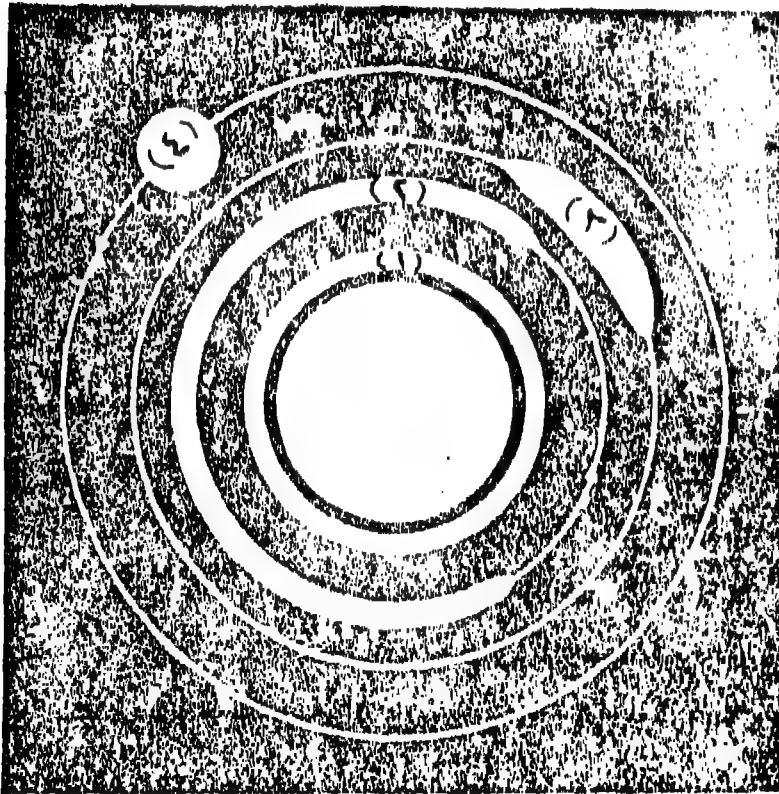
٢ - النظرية التي أوردها العالمان البريطانيان جينز وبيفرز Jeans and Jeffreys ، وهي في الواقع عبارة عن تعديل لنظرية الكويكبات يقصد بتجنب بعض الانتقادات التي وجهت إليها .

أولاً - نظرية الجزئيات الكونية والسدم :

١ - نظرية كانت :

يقول كانت إن المجموعة الشمسية نشأت في الأصل من جزئيات صلبة كانت تسبح منذ الأزل في الفضاء بكيات مهولة وكانت الجزئيات في حركة مستمرة مما أدى إلى كثرة تصادمها وتزايد حرارتها حتى تحولت بالتدريج إلى كتلة سديمية ملهبة ، ثم أخذت هذه الكتلة تنكمش ويصغر حجمها بقوة الجاذبية ، كما بدأت في نفس الوقت تأخذ حركة دورانية حول نفسها . وكانت سرعة دورانها صغيرة في أول الأمر ولكنها أخذت في التزايد بسبب استمرار تناقص حجمها حتى أصبحت هذه الكتلة خاضعة لقوتين متعارضتين ، الأولى هي قوة جاذبيتها والثانية هي قوة الطرد التي نشأت من دورانها حول نفسها وقد أحدث قوة الطرد في التزايد تبعاً لتزايد سرعة الدوران مما أدى إلى انبعاج الحزام الأوسط الخارجي للكتلة ، وكان هذا الانبعاج شديداً لدرجة أدت إلى انفصال حلقات متعالية منه واندفاعها بعيداً من الكتلة الأصلية

ووصلت كل حلقة منها إلى البعد الذي نلساوي عنده قوة الطرد التي أبقتها
مع قوة جذب الكتلة لها ، وبهذه الطريقة توزعت الحلقات حول هذه الكتلة
وبدأت تدور حول نفسها ، وقد أدى دوراتها حول نفسها إلى اندماجها
وتكورها فتكونت منها الكواكب ، وقد ساءلتها على ذلك أنها لم تكن قد
تصلبت بعد بل كانت لا تزال في حالة شبه غازية ، وقبل أن يتم تصلبها انفصلت
عنها بنفس الطريقة حلقات صغيرة تكونت منها الأقمار .



شكل (٢٨) تصور مبسط لنظرية كانت

- | | |
|-------------------------|--------------------|
| (١) حلقة حديثة الانفصال | (٢) حلقة بدأت تلغم |
| (٣) حلقة بدأت تتكرر | (٤) كوكب تم تكوره |

ولكن ، انه النظرية واجهت اعتراضات كثيرة أهمها (١) أنها تتعارض مع الحقيقة المعروفة عن البطء الشديد لدوران الشمس حول نفسها ، فلو سلمنا بأن سرعة دوران الكتلة الأولية حول نفسها كانت تتزايد باستمرار بمسبب تناقص حجمها (نتيجة لاندماجها وانفصال الكواكب عنها) فقد كانت المفروض أن تكون السرعة الحالية لدوران الشمس حول نفسها كبيرة جداً ، وهذا يخالف الواقع ، (٢) أنها لا تغطي تفسيراً معقولاً لتولد الحركة الدورانية في الكتلة السديمية ، إذ لا يخل أن تكون عمليتي العصادم والتجاذب بين جزيئات المادة الكونية هي السبب في تولد هذه الحركة .

٢ - نظرية لابلان (السديمية) Nebular Hypothesis :

لهيئت هذه النظرية في الواقع إلا تطوراً لنظرية « كانت » . وأهم فارق بينهما أن لابلان لا يحدد داعماً للاعراض بأن المادة الأولية الأولى كانت عبارة عن جزيئات صلبة باردة ثم تحولت إلى سديم ملتهب ، وإنما يفترض أنها كانت منذ البداية سديماً ضخماً يدور حول نفسه ، وبهذا الاعراض تجنب لابلان أحد الانعقادات التي وجهت إلى تفسير كانت لتكوين السديم واكتسابه للحركة الدورانية حول نفسه ، ومع ذلك فإن نظرية لابلان واجهت نفس النقد الذي واجهته نظرية كانت بمفروض جهازها من تفسير بطء الحركة الدورانية للشمس حول نفسها . فلو فرضنا صيغة ما افترضه لابلان من أن السديم الأول كان يدور حول نفسه منذ البداية فلا بد أن سرعة دورانه كانت ستزداد باستمرار نتيجة لعناصر حجمه ، وبناء على ذلك فقد كان المفروض أن تكون سرعة دوران الكتلة التي بقيت بعد انفصال الكواكب والتي كبرت الشمس كبيرة ، وهذا يخالف الحقيقة .

٣ - نظرية سحابة الغبار Dust - Cloud Hypothesis :

وهي من أحدث النظريات التي وردت في تفسير نشأة المجموعة الشمسية .
وقد اقترحها الباحث الأمريكي ويل Fred L. Whipple في سنة ١٩٥٨^(١) .
وهي من أساسها اعداد لنظرية الجزيئات الكونية التي جاء بها كانت والنظرية
السديمية التي جاء لا بلاس ، ولكنها تعتمد عليها بأن صاحبها حاول أن يدعمها
ببعض نتائج البحث العلمي الحديث ، وهو ما لم يكن معوفرا لكل من كانت
ولا بلاس .

والحقبة العلمية التي بنى ويل عليها نظريته هي أن الفضاء الكوني ليس
فارغا تماما كما كان يظن من قبل ، ولكنه يحسوي على كميات من غبار
هيكروسيكوبي مبعثر على مسافات متباعدة جدا لدرجة يبدو معها الفضاء وكأنه
فارغ تماما ، ولكن بالنظر إلى ضخامة هذا الفضاء بصورة لا يقصدها العقل
فإن الغبار المبعثر فيه يكفي لبناء ملايين النجوم ، حتى أنه يقدر مثلا أن الغبار
المبعثر في سكة اللبانه وحدها يكفي لبناء مائة ألف مليون نجم في حجم
الشمس . وجزيئات هذا الغبار متناهية في الدقة ، ولا يزيد قطر الواحدة منها
عن $\frac{1}{1000000}$ من البوصة ، ومع ذلك فقد تبين من تحليل بعضها أنها مكونة
من معظم العناصر المعروفة لنا ، ومنها الأندروجين والهيليوم والأكسوجين
والنيتروجين والكربون وغيرها ، كما تبين أنها تتجمع أحيانا بقطر شديد
تحت ظروف خاصة فتتكون منها في بعض المواضع سحب ضخمة جدا ،
وأصلح الأماكن لجميعها بهذا الشكل هي الأماكن التي يخف فيها ضوء

(١) Fred L. Whipple; The Dust Cloud Hypothesis, in Scientific
American Incorporation, May 1984

النجوم ، لأن الضغط الضوئي يستطيع (على الرغم من ضآلته المتناهية) أن يهرك الغبار الميكروسكوبي بعيداً عن مصدر الضوء .

وعلى أساس هذا الرأي فإن جزئيات الغبار الكوني تميل للتجمع ببطء شديد حتماً بضعف الضوء ، وتكون منها في البداية سحب صغيرة ، ولكن هذه السحب لا تلبث أن تنمو بسرعة لأن ظلامها يساعد على سرعة تجمع الغبار حولها ، فإذا لم يطرا على هذه السحب أى طارئ يشتت جبارها كأن يمر بوسطها نجم ضوؤه بالغ الشدة فإنها تستمر في النمو ويزداد حجمها كما تزداد في نفس الوقت درجة كثافتها وجاذبيتها حتى تصل إلى درجة يصبح معها ضغط الضوء عاجزاً عن تشتيتها ، ويرى ويبل أن السحابة التي تصل إلى هذه الحالة يكون غبارها كاليا لبناء نجم في حجم الشمس وتكون منتشرة في منطقة قطرها حوالى ٩٠٠ مليون كيلومتر (وهو ما يعادل البعد بين الأرض والشمس ٦٠ ألف مرة) . وفي هذه الحالة يبدأ ترسيب غبار السحابة نحو مركزها بقوة جاذبيتها ، وتكون عملية الترسب بطيئة في أول الأمر ولكنها تزداد تدريجياً كلما انكثت السحابة واتدمجت جزئياتها ، حيث أن الاندماج يؤدي إلى تزايد مستمر في درجة حرارتها حتى تتحول مرور ملايين السنين إلى نجم ملتهب . وهذه هي الطريقة التي تكونت بها الشمس . وقد حافظت الشمس على حرارتها نتيجة للعفائات الدرية القوية التي أخذت تتولد في باطنها بسبب حرارته البالغة الشدة .

أما عن دوران الشمس حول نفسها وبطء هذا الدوران فيمررها ويبطل بأن هذا الدوران لم يبدأ إلا في المراحل النهائية لتكوين الشمس ، ففي المراحل الأولى لعمليات الترسب نشأت في السحابة نيارات كثيرة متعارضة لم تساعد على تكوين أى حبركة دورانية ، ولكن هذه التيارات أخذت تتناقص

فأخذت معظم التيارات المتعارضة ولم يبق منها إلا تيارات رئيسية مدججة نحو المركز ، وهذه التيارات هي التي ساعدت على بدء الحركة الدورانية البطيئة .

ويرى ويابل أن الكواكب السيارة قد نشأت من نفس سحابة الغبار التي نشأت منها الشمس وذلك في المراحل الأولى لعمليات الترسيب . ففي هذه المراحل انسلخت من هذه السحابة سحابات صغيرة ، وكانت هذه السحابات منتشرة على طول التيار الرئيسي في السحابة الكبرى ، فكانت لذلك مرتبة على صف واحد تقريبا . وقد أخذت كل سحابة منها تنمو باجتناب غبار جديد إليها ، كما بدأت كل منها انكسب حركة دورانية حول نفسها وحول مركز السحابة الكبرى (بأنير دورانها حول نفسها) ، وكانت سرعة دوران كل منها متناسبة مع حجمها ومع مدى تأثيرها بتيارات هذه السحابة . وقد تخلقت السحابات الصغيرة في أماكنها بعد أن انحسرت عنها السحابة الكبرى نتيجة لانكماشها المربع ، وعندما كانت هذه السحابة تنحسر عن إحدى السحابات الصغيرة كانت الأخيرة تبدأ في التحول إلى كوكب مستقل ، والفروض بناء على هذا ، أن يكون الكوكب بلوتو ، وهو أبعد الكواكب عن الشمس ، هو أول الكواكب ظهورا ثم جاءت بعده الكواكب الأقرب فالأقرب وهكذا .

وكما أن تزايد سرعة الترسيب والانكماش في السحابة الكبرى هو المسئول عن اشتداد حرارتها والتعساها فان نفس هاتين العمليتين قد نتج عنها التهباب الكواكب ، ومع ذلك فقد كانت حرارتها أقل بكثير من حرارة السحابة الأصلية ، ولهذا فلم تحدث بها تفاعلات ذرية تؤدي إلى تجديد التهباب واستمرار انصهارها ، كما حدث في السحابة الأصلية ، فأخذ سطحها يبرد بالتدريج ونحوات إلى أجسام معتمة يينها يلى باطن بعضها منخفضا بمرارته .

وعلى أساس هذه النظرية فان ويابل يرى أن العمليات التي أدت إلى تكوين

الجمموعة الشمسية ما زالت مسعرة حتى الآن لتكوين نظم نجمية جديدة في الكون ، كما يعتقد أن هذه النظرية يمكنها أن تفسر كثيرا من الحقائق المعروفة عن الجمموعة الشمسية مثل بطء دوران الشمس حول نفسها وتوزيع الكواكب حولها في مستوى واحد .

نظريات الد الغازي :

من الواضح أن البحث عن أصل الجمموعة الشمسية كلها أمر بالغ التعقيد ، ولذلك فإن بعض الباحثين رأوا أن يختصروا المشكلة وأن يترضوا أن الشمس نفسها كانت موجودة منذ الأزل وأنه يحاولوا تفسير كيفية انفصال الكواكب السيارة عنها . وأشهر النظريات التي وردت في هذا المجال النظرية التي اقترحها العالمان الأمريكيان تسمولين ومولتون ، والتي اشتهرت باسم « نظرية الكويكبات ، وملخصها كما يلي :

نظرية الكويكبات : يقول صاحبها هذه النظرية وهما تسمولين ومولتون أن الكواكب السيارة نشأت من أجزاء من سطح الشمس كانت قد تمددت وانبعثت عندما مر بالقرب منها نجم آخر أكبر منها ، فقد أدت قوة جاذبية هذا النجم إلى حدوث مد في سطح الشمس المقابل له ، وحدثت في نفس الوقت انفجارات عنيفة في سطح الشمس بسبب التفاعلات الذرية التي تحدث بداخلها ، وقد أدت قوة الجاذبية النجمية مع قوة الطرد الناجمة عن الانفجارات المذكورة إلى انفصال الأجزاء المتمددة من الشمس ولكنها ظلت مع ذلك متأثرة بجاذبيتها أما النجم الآخر فقد كان تأثيره أخذا في التناقص بسبب ابتعاده ، ومع ذلك فقد ظلت جاذبيته تؤثر بعض الوقت تأثيرا محدودا في الأجزاء التي انفصلت عن الشمس ، وهذا التأثير هو الذي أعطى للأجزاء المنفصلة حركة دورانية حول الشمس وحول نفسها . ولم تكن هذه الأجزاء قد تصلبت بعد ولذلك

فاتها تفككت أثناء دررائها وتحولت إلى أجزاء صغيرة بدأ كل منها يتصلب بعيدا عن الآخر، وتكونت منها كويكبات عديدة إلا أن الكويكبات الكبيرة استطاعت بقوة جاذبيتها أن تجمع حولها بالتدريج الكويكبات الأصغر إلى أن تكونت منها في النهاية الكواكب السيارة المعروفة ومنها الأرض .

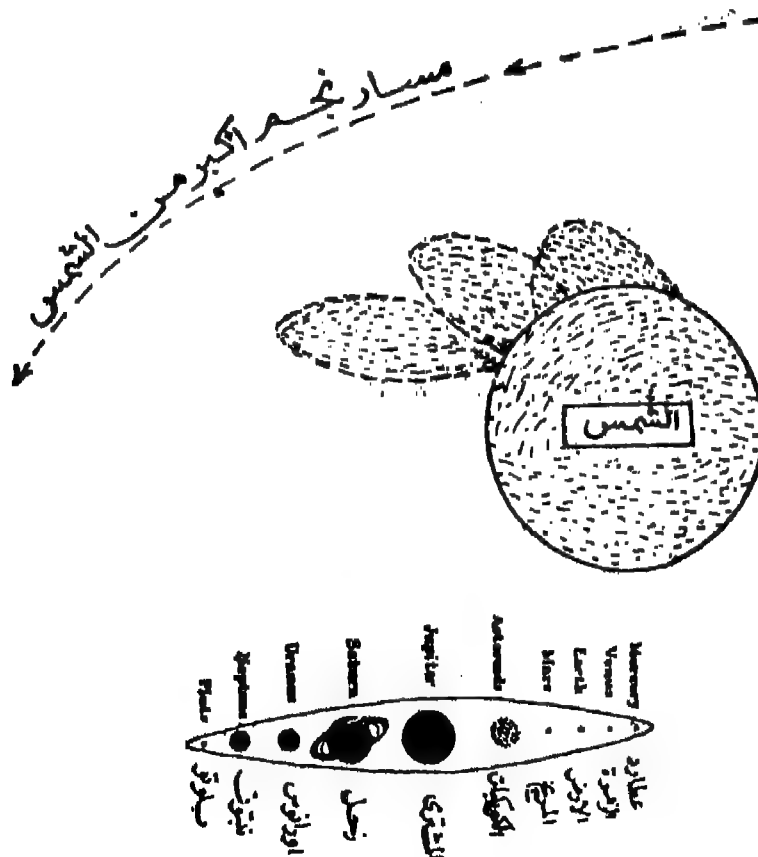
وكما هي الحال بالنسبة إلى النظريات التي تعرضت لبحث هذا الموضوع فقد تعرضت هذه النظرية لانتقادات كثيرة لأنها معجزت عن تفسير بعض الحقائق المهمة مثل وجود الكواكب السيارة كلها في مستوى واحد، ونسب الأبعاد التي تفصلها عن بعضها وعن الشمس . كما معجزت عن تفسير تزايد كثافة المواد التي تتكون منها الأرض كلما أعمقنا نحو مركزها ، فلو أنها نشأت كما تقول النظرية من تجمع الكويكبات الصغيرة حول أحد الكويكبات الكبيرة فإنما لن تتمكن من إعطاء تفسير مقنع لترتيب المواد التي يتكون منها كوكب مثل الأرض الذي تزايد كثافة مواده بوضوح كلما تعمقنا نحو مركزه .

نظرية جيمس جينز J. Jeans وهارولد جيفريز H. Jeffreys :

هذه النظرية ليست في الواقع إلا تعديلا لنظرية الكويكبات ، ففي سنة ١٩٢٩ حاول هذان العالمان البريطانيان أن ينجبا بعض أوجه النقص في هذه النظرية ، فقالا أنه ليس هناك داع للافتراض بأن الأجزاء التي انفصلت عن الشمس كانت صغيرة في أول الأمر وإنما كانت قد بردت قبل أن تتجمع لتكون الكواكب ، وافترضنا بدلا من ذلك أن يكون قد انفصل عن الشمس لسان طويل يصل إلى البعد الذي يدور فيه فلك أبعاد الكواكب منها وهو نيمون ، وقد كان هذا اللسان سميكاً في الوسط ويتناقص سمكه نحو الطرفين . فلما تقطع بعد ذلك وتكونت منه الكواكب كان من الطبيعي أن يكون أكبر الكواكب في الوسط وأن تتوزع حوله الكواكب الأصغر بالتدريج نظرياً ،

وهذا يفتق إلى حد كبير مع ما هو معروف عن توزيع الكواكب السيارة حول الشمس (شكل ٢٩) .

وعلى الرغم من أن هذا التعليل يمكن أن يفسر عددا من المظاهر العامة للمجموعة الشمسية ومنها توزيع الكواكب السيارة حول الشمس على حسب أحجامها فإنه ظل عاجزا عن تفسير بعض الحقائق الأخرى المعروفة، ومن أهمها البعد الشديد لقمران الشمس حول نفسها ثم الاختلاف الكبير بين تركيب



شكل (٢٩) تصور تقريبي للسان الذي انفصل عن الشمس كما يراه جيونر وجيهرير ، وعلاقة ذلك بتوزيع الكواكب حسب أحجامها .

الشمس وتركيب معظم الكواكب، فالشمس مكونة ههوما من عناصر غازية خفيفة مثل الأيدروجين والهيليوم بينما تتركب الأرض ومعظم الكواكب الأخرى من مواد معدنية لها ثقل ذرى كبير مثل الحديد والألومنيوم. ولذلك فقد تعرضت آراء جينز وجيفرلز لكثير من النقد وظهرت غيرها آراء أخرى كثيرة مازالت هي الأخرى تعرض للنقد، ولا يتسع المجال للتوسع في بحثها^(١).

عمر الكرة الأرضية :

على الرغم من أن مشكلة تحديد الطريقة التي نشأت بها الأرض مازالت شديدة التعقيد فإن مشكلة تحديد عمر هذه الأرض ربما تكون أقل تعقيدا منها بكثير . ولذلك لأن الأساليب الحديثة المستخدمة في تحديد عمر المواد القديمة قد ساعدت على تحديد عمر أقدم صخور القشرة الأرضية، ولو بصورة تقريبية، ومن أم الأساليب التي استخدمت لهذا الغرض أسلوب التعديل الراديوى ، وعلى أساس الأبحاث التي أجريت حتى الآن يقدر الجيولوجيون أن عمر أقدم صخور للقشرة الأرضية يبلغ حوالي ثلاثة آلاف مليون سنة . وبملا لا شك فيه أن التطورات التي مرت بها الكرة الأرضية نفسها قبل أن تتكون هذه الصخور قد استغرقت بضعة ملايين أخرى من السنين . وعلى هذا الأساس فإن بعض الكتاب يقدررون المدة التي انقضت منذ أن بدأت المرحلة الأولى لتكوين

(١) لمزيد من القراءة في هذا الموضوع راجع :

محمد متولى - وجه الأرض - القاهرة ١٩٧١ - الفصل الأول .

حسن أبو العينين - كوكب الأرض - الاسكندرية ١٩٧٤ - الفصل الثاني .

جوده حسين - معالم سطح الأرض - القاهرة ١٩٧١ - الفصل الأول .

W M. Smart - The Origin of The Earth Pelican, 1959.

F Hoyle . Nature of the Universe London, 946.

الارض حتى الآن بنحو ١٧ ألف مليون سنة (١) .

وقد أظهرت الابحاث التي أجريت على أقدم صخور القشرة ، (أى الصخور التي يبلغ عمرها ثلاثة آلاف مليون سنة) أن بعض هذه الصخور من نوع الصخور الرسوبية وأن بعضها يحتوى على رواسب حموية وعلى ظاهرات أخرى تدل على أنها رواسب مالحة (٢) .

ولى هذا دليل على أن مياه البحار كانت موجودة منذ ذلك الوقت على سطح الارض، أى أن البحار كانت هى الاخرى معاصرة لما يكون أقدم الصخور (٣) .

عمر الحياة على الارض :

على الرغم من أن صخور القشرة الارضية ومياه المحيطات كانت قد وجدت بالفعل منذ حوالى ثلاثة آلاف مليون سنة ، كما سبق أن ذكرنا ، فإن الحياة لم تبدأ إلا بعد ذلك بمئات الملايين من السنين ، ولكن ليس من السهل تحديد زمن ظهورها لأول مرة فى أبسط صورها ، وذلك لعدم وجود أى حفريات يمكن أن تساعد على تحديد هذا الزمن . ونرجع أقدم الادلة الحفرية التي تم العثور عليها فى الصخور القديمة إلى حوالى ٥٠٠ مليون سنة ، منذ ذلك الوقت ظهرت الكائنات ذات الخلية الواحدة وهى الاميبا ، وليست هذه الكائنات بالعاكدة هى بداية الحياة لأنها تعتبر كائنات متطورة جدا والنسبة لكائنات أخرى ظهرت وتطورت قبل ذلك خلال مئات الملايين من السنين حتى وصلت إلى الاميبا . وكانت هذه الكائنات الحية عبارة عن فيروسات Viruses . ويصعب التطور الذى تم من الفيروسات إلى الاميبا تطورا ضيقا جدا لدرجة أن الكتاب يرون أنه لا يقل إن لم يرد فى خطورته وفى تعقيداته عن التطور الذى حدث من مرحلة الاميبا إلى الانسان ، فعلى الرغم من أن الاميبا ذات

Fred L. Whipple, - The Origin of the Earth - an Article (١)
in - The World of Geology - ed by L. Don Lee
1961, Mc. Graw - Hill, P. 21.

M. Grant Gross, - Oceanography - 1961, P 8., Merrill. (١)
Physical Series, Columbus Ohio.

خلية واحدة إلا أنها تعتبر في الواقع كائنات حيوانية متكاملة ، وأنها تعتبر كذلك الوحدة الأصلية التي تطورت منها كل الكائنات الحيوانية حتى وصلت إلى أرقى الدرجات المعروفة في الوقت الحاضر . وبهذه الطريقة جاء تطور الحياة النباتية على الأرض ، فعلى الرغم من أن الفطريات *Algae* هي أقدم الكائنات الحية النباتية المعروفة وأبسطها فلا بد أنها تطورت خلال عشرات الملايين من السنين قبل ظهورها من كائنات نباتية أخرى أبسط منها .

وبهذه النظر عن الكائنات الحية الحيوانية والنباتية التي سبقت ظهور الاميبي والفطريات ، والتي لا يعرف عنها شيء . يستحق الذكر لعدم وجود أي حفريات تدل عليها فإن تطور الحياة بعد ذلك قد مر في أدوار طويلة جداً استغرقت في مجموعها الخمسمائة مليون سنة الأخيرة من تاريخ الكرة الأرضية ، وقد قسم الجيولوجيون هذه المدة إلى أزمنة (أو أحقاب) طويلة *Eras* وقسموا كل زمن منها إلى عصور *Agos* أقصر نسبياً . ويمثل كل زمن وكل عصر من هذه الأزمنة والعصور مرحلة خاصة من مراحل التطور التي مر بها سطح الأرض سواء في أشكاله التضاريسية أو في مظاهر المناخية والحيوية (جدول ٢) . ويلاحظ أن طول الأزمنة والعصور يتناقص كلما تقدم الزمن ، ويرجع ذلك إلى ترايد التعقيد في مظاهر الحياة وزيادة الأدلة على تطورها مما يسمح بتكوين صورة عنها أكثر تفصيلاً من الصورة التي يمكن تكوينها من الازمنة والعصور الأقدم ، وكلما توغلنا في القدم تناقصت الأدلة التي تدلنا على تطور الحياة إلا بشكل عام . وبغلا من ذلك فإن التطورات التي حدثت في العصور الجيولوجية الأحدث هي التي تظهر آثارها واضحة في المظاهر الحالية لسطح الأرض وما عليه من مظاهر حيوية مختلفة من أهمها ظهور النوع البشري وتطوره .

جدول (٧)
الزمنة (الأحقاب) والمعصور الجيولوجية

الأزمنة (الأحقاب) وتواريخ بدايتها		المعصور والمعصورات	أشهر المظاهر الطبيعية والجيولوجية
الكالينوزوي Calozoic (أو زمن الحياة الحديثة)	الزمن الرابع Quaternary مليونين من السنين	مولوسين Miocene البليوسين Pliocene	ما بعد عصر الجليد عصر الجليد - الإنسان
	الزمن الثالث Tertiary ٦٠ - ٧٠ مليون سنة	البليوسين Pliocene ميوسين Miocene أوليغوسين Oligocene أيوسين Eocene البليوسين Palaeocene	الحركات أقدم البشرات الألبية الفردة العظمية انتشار الحشائش النباتات الجيرية الحديثة ذات الأزهار
الميزوزوي Mesozoic (أو زمن الحياة المتوسطة) أو الزمن الثاني ٧٠٠ مليون سنة		كراسي Cretaceous جوارسي Jurassic تراياسي Triassic	انقراض الديناصور الطيور الزواحف الكبرى الزواحف (الديناصور)
	الباليوزوي Palaeozoic أو زمن الحياة القديمة أو الزمن الأول	برمي Permian فحمي Carboniferous ديفوني Devonian سليوري Silurian أوردوفيشي Ordovician كمبري Cambrian	الحركات المرسونية لتكوينات الفحم - البرماليت الحركات الكاليدونية الأسماك هذه الثعالبات المرامير البرماليات البرماليات
	٥٠٠ مليون سنة		
ما قبل الكبرى ٣٠٠٠ مليون سنة		بروتروزويك Proterozoic أركي	صخور معجولة وصخور رسوبية صخور معجولة ولابية كائنات حيوانية دقيقة رسوخة ولبانات دقيقة من الطحالب

جدول (٧) الأزمنة (الأحقاب) والمصور الجيولوجية

الأزمنة (الأحقاب) ونواحي بدايتها		العصر ————— ور ————— واله ————— ترات	أشهر المظاهر الطبيعية والحيوية
Cainozoic الكائينوزوي (أو زمن الحياة الحديثة)	الزمن الرابع Quaternary مليونين من السنين	مولوسين Holocene (حديث) بليستوسين Pleistocene	ما بعد عصر الجليد عصر الجليد - الإنسان
	الزمن الثالث Tertiary	بلوسين Pliocene	الحركات أقدم البشرات
		ميوسين Miocene	الآلية الفردة العلنية
		أوليغوسين Oligocene	انتشار الحشائش
		إوسين Iocene	النباتات البرية الثدييات
٦٠ - ٧٠ مليون سنة	٦٠ - ٧٠ مليون سنة	بالوسين Paleocene	ذات الأزهار .
Mesozoic (أو زمن الحياة المتوسطة) أو الزمن الثاني ٢٠٠ مليون سنة		كراسي Cretaceous	انقراض الديناصور
		جوراسي Jurassic	الطيور الزواحف الكبرى
		ترياسي Triassic	الزواحف (الديناصور)
Palaeozoic الپاليزوي أو زمن الحياة القديمة أو الزمن الأول ٣٠٠ مليون سنة		برمي Permian	الحركات الهرسية
		فحمي Carboniferous	تكوينات الفحم البحريات
		ديفوني Devonian	الحركات الكاليدونية الأسماك
		سليوري Silurian	بداية الفقريات
		أوردويفيس Ordovician	المرايموليت
		كمبري Cambrian	التريلوبيت
Proterozoic بروتروزويك أركي			صخور معجولة وصخور رسوبية صخور معجولة ونارية
			كائنات حيوانية دقيقة رخسوة ونباتات دقيقة من التطلمات
٣٠٠٠ مليون سنة			

الباب الثاني

- الفصل الخامس - أبعاد الكرة الأرضية وأغلفتها وطبيعة باطنها .
- الفصل السادس - التركيب المعدني والصخري لقشرة الأرض .

الفصل الخامس

أبعاد الكرة الأرضية وأغلفتها وطبيعة باطنها

أبعاد الكرة الأرضية وأغلفتها الكبرى :

من المعروف أن الكرة الأرضية ليست كاملة الاستدارة ولكنها مقطوعة قليلاً عند القطبين وبمجة قليلاً عند خط الاستواء ، ولهذا السبب فإن طول قطرهما الموصل بين القطبين يتقص بنحو ٤٣ كيلو مترا (٢٦٩٧ ميل) عن طول قطرهما الاستوائي ، كما أن محيطها المار بها يتقص بنحو ٧٧ كيلو مترا (٤٢ ميلا) عن محيطها الاستوائي ، وهذه الأطوال هي :

القطر الاستوائي	١٢٧٢٥٧	كيلو مترا	(٧٩٢٦٧ ميل)
القطر الواصل بين القطبين	١٢٦٧١٤	•	(٧٩٠٠ •)
المحيط الاستوائي	٤٠٠٠٧٧	•	(٢٤٩٠٢ •)
المحيط المار بالقطبين	٤٠٠٠٠٠	•	(٢٤٨٩٠ •)

والذي يهتما في موضوع الجغرافيا الطبيعية للأرض بعلة خاصة هو أغلفتها الطبيعية الظاهرة التي ترتبط ارتباطاً مباشراً ولو بدرجات متفاوتة بكل المظاهر الطبيعية والحوية والبشرية على سطحها . وهذه الأغلفة هي :

١ - الغلاف الصخري - الليثوسفير Lithosphere . ويشمل كل النطاق الصخري الذي يغطي الباطن ، وهو غلاف غير محدد تماماً ولكنه يغطي عموماً مع ما يسمى بقشرة الأرض . (كلمة ليثوس أصلها يوناني قديم ومعناها صخر) . ويبلغ سمكه حوالي ٤٠ كيلو مترا . وهو يرتكز على الباطن الذي يعرف باسم الباريسفير .

٢ - الغلاف المائي الهيدروسفير Hydrosphere : ويشمل كل المياه الصالحة والسدبة التي توجد على سطح الأرض أو في صخورها أو في هوائها .

وأعطاها على الإطلاق هي مياه البحار والمحيطات التي تغطي حوالي ٧١ ٪ من السطح الكلي للكرة الأرضية .

٣ - الغلاف الجوي Atmosphere : وهو الغلاف الغازي الذي يحيط بالكرة الأرضية إحاطة تامة ، ويتراوح سمكه بين ٢٠٠ و ٣٠٠ كيلو متر من سطح البحر .

٤ - الغلاف الحيوي Biosphere : ويشمل كل أنواع الحياة في العالم من أدناها إلى أعلاها ، سواء منها ما يعيش في البر أو البحر أو الجو ، وسواء منها ما هو نباتي أو ما هو حيواني .

وباستثناء الغلاف المعدني (الليثوسفير) والباطن (الجاريسفير) الذين يوجدان كذلك في بعض الكواكب السيارية الأخرى ، وخمسة الكواكب الصغيرة القريبة من الأرض ، وهي عطارد والزهرة والمريخ (راجع الفصل الثاني) فإن الأرض تفسرد من بين كل الأجرام السماوية المعروفة بغلافها المائي وغلافها الجوي اللذين تسببا بدورهما في تكوين ما يميزها من غلاف حيوي غني ومتنوع (١) .

باطن الأرض أو البايوسفير Baryosphere : (٢)

يشمل هذا الباطن كل ما يقع تحت القشرة الأرضية . وما زالت معلوماتنا

(١) يعتبر كل غلاف من الالفة المذكورة ميذاً رئيسياً من ميادين المنغرافيا الطبيعية ويمكن أن يتصور لنا أن نعالجها كلها في هذا الكتاب ، حيث أننا خصصناه مصفة أساسية لدعوة سطح القشرة الأرضية (الليثوسفير) ونظراً لأن البحار والمحيطات تمثل حوالي ٧١ ٪ من هذا السطح فقد عالجتناها ولمسكن باختصار في ثلاث فصول وهي : السابع والثامن والتاسع .

(٢) يطلق على هذا الباطن كذلك اسم البايوسفير Bathyosphere أو الستروسفير Centrospher أي النطاق المركزي .

هذه قليلة نسبياً ، ونقل هذه المعلومات كلما زاد تعمقنا نحو المركز . وكل المعلومات المتوفرة عن الباطن تقريبا مبنية على الاستدلال والاستنتاج المبنيين على دراسة الموجات الزلزالية والنشاط البركاني وقوانين الجاذبية ، أما المعلومات المبنية على القياس والملاحظة فتتضمن في قشرة الأرض أو الليثوسفير وأهم المعلومات التي تهتم في دراسة باطن الأرض هي :

١ - درجة حرارته .

٢ - درجة سيولته أو صلابته .

أما عن الحرارة فن الثابت أنها تزداد كلما تعمقنا من السطح نحو المركز ولقد دلت الملاحظات التي أخذت أثناء عمليات حفر آبار البترول على أن المعدل التقريبي لهذا التزايد هو 37° مئوية كلما زاد العمق بمسوح كيلو متر واحد . ولكن ليس من المعروف إن كان هذا المعدل يستمر بإطراد كلما زاد العمق أم أنه يتغير من نطاق إلى آخر كلما توغلنا نحو المركز ، ومع ذلك في المؤكد أن تزايد العمق يؤدي إلى تزايد الضغط الواقع على مواد الباطن وأن تزايد الضغط يتبعه بالضرورة ارتفاع في معدل تزايد الحرارة . ويقدر بعض الباحثين أن درجة الحرارة عند المركز نفسه تبلغ حوالي 4000° مئوية . وتعتبر شدة حرارة اللب المنصهرة التي تخرج إلى السطح أثناء الفوراتانف البركانية دليلاً قوياً على شدة الحرارة الباطنية حتى في النطاق الذي تحت القشرة مباشرة ، وهو النطاق الذي تخرج منه معظم المواد المنصهرة .

وعلى الرغم من برودة سطح الأرض فليس هناك دليل على حدوث أي تناقص في حرارة باطنها بمرور الزمن ، إذ أن هناك عاملين رئيسيين يساعدان هذا الباطن على الاحتفاظ بحرارته وهما : (١) تزايد الضغط الواقع عليه كلما اتجهنا نحو المركز ويقدر الباحثون أن الضغط الذي يقع على هذا المركز يعادل ضغط الغلاف الجوي على سطح الأرض أربعة ملايين مرة ، (٢) احتوائه على

بعض المواد المعدنية ذات الإشعاعات الذرية ، وهي إشعاعات تكفي لتوليد طاقة حرارية هائلة .

أما موضوع سيولة الباطن أو صلابته فعلى الرغم من أن الألفا التي تلتقطها البراكين تكون منصهرة فإن معظم الباحثين يميلون إلى الاعتقاد بأن مواد الباطن في جملتها شديدة الصلابة . ولئن كانت هذه المواد سائلة أو رخوة في بعض النطاقات فإن هذه النطاقات محدودة جداً ، لأنه على الرغم من أن درجة حرارة الباطن تزيد كثيراً عن الدرجات المعروفة لصهر جميع المعادن (وهي على سطح الأرض) فإن وجود هذه المعادن تحت ضغط شديد جداً في الباطن يتركب عليه ارتفاع درجات انصهارها وبقائها صلبة في درجات أعلى بكثير من درجات انصهارها العادية فإذا ما خف الضغط الواقع عليها لأي سبب من الأسباب مثل انكسار الطبقات التي فوقها أو انتنأها فلنبا سرمان ما تنصهر وتندفع إلى السطح وهي في هذه الحالة ، إذا وجدت طريقاً للخروج كما يحدث عند ثوران البراكين .

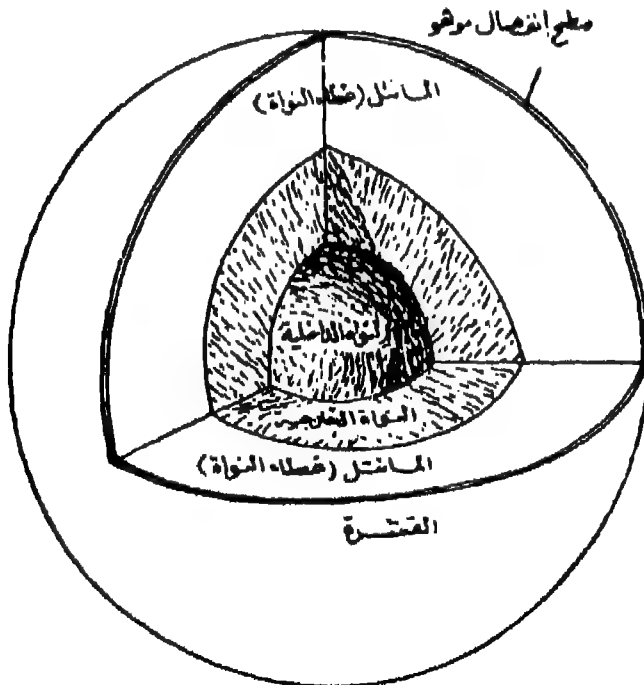
نطاقات الكرة من مركزها حتى سطحها :

على أساس المعلومات المعروفة حتى الآن ، وأهمها المعلومات المستقاة من دراسة الموجات الزلزالية ، ينقسم جسم الكرة الأرضية إلى النطاقات الآتية :

- ١ - النواة Core ، وهي كتلة مركزية قطرها حوالي ٣٦٠٠ كيلومتر ، وتتكون من مواد معدنية أهمها النيكل والحديد ولذلك تشتهر باسم نيف NIFE . وهي كتلة مكونة من جديني يمثل كل منها الحرفين الأولين من كلمتي Nickel (نيكل) و Ferrum (حديد) ، وتراوح درجة حرارتها بين ٣٠٠٠ و ٤٠٠٠° مئوية . وهي تنقسم إلى نطاقين أحدهما داخلي شديد الصلابة ويعرف باسم النواة الداخلية Inner core والثاني الخارجي رخواً أو مائل للسيولة ، ويعرف باسم النواة الخارجية Outer core .

٢ - غطاء النواة Mantle ، وهو أسمك طبقات الكرة ، ويتكون من صخور قاعدية (بازلية) عظيمة الكثافة وشديدة الصلابة .

٣ - القشرة Crust ، وهي الغطاء الصخري الخارجى ، وهو غطاء رقيق لا يزيد سمكه على ١٠ كيلو متراً ، وقد يقل فى بعض المواضع ، مثل قمم الجبال المحيطات العميقة ، عن عشرة كيلومترات . وهي تتكون من طبقتين السلى منها مكونة من صخور أغلبها بازلية تتراوح كثافتها بين ٣ و ٣.٥ . ومن أهم العناصر التي تدخل فى تركيبها السليكا Silica والمغنسيوم Magnesium ، وتسمى باسم السيماسما Sima (وهي كلمة مكونة من الحرفين الأولين فى كلمتى سليكا



شكل (٣٠) نطاقات الكرة الأرضية من المركز إلى سطح القشرة

وماغسيوم) ، أما الطبقة العليا فتتكون من مواد جرانيتية تتراوح كثافتها بين ٢٥٥ و ٣ . وأهم العناصر التي تدخل في تركيبها السيليكا والألمنيوم ، وتشتمل باسم السابال (Sial) وهي كلمة مكونة من الحرفين الأولين في كلمتي سيليكا والألمنيوم) .

ويطلق اسم « الموهو أو » سطح انفصال موهو « Moho Surface of Discontinuity » على السطح الذي تنفصل عنده القشرة بقطاع النواة (وهو لا يعتبر طبقة من الطبقات) . وترجع أهميته إلى أنه يمثل مرحلة انقلابية تغير عندها سرعة الموجات الزلزالية تنهراً فجائياً من ٦,٧ كيلو متر في الثانية في أعلاه إلى ٨,١ كم / ثانية في أسفله (١) .

(١) أول من اكتشف وجود هذا السطح هو العالم اليوغسلافي أندريجا موهو (Andrija Mohorovičić) تنطبق (Mohoro vissik) ولذلك فلهذا نسب إليه (بعد اختصار اسمه إلى موهو) .

الفصل السادس

التركيب المعدني والصخري لقشرة الارض

التركيب المنصوري للصخور :

الصخور عبارة عن مركبات من المعادن ، والمعادن بدورها عبارة عن مركبات من العناصر ، وذلك باستثناء بعض المعادن التي يتكون كل منها من عنصر واحد مثل الذهب والقصدير والفضة والرصاص . ومثل هذه المعادن لا تمثل على أية حال نسبة تستحق الذكر في التركيب العام للقشرة الأرضية بسبب قلة وجودها أو ندرتها . وعلى هذا الأساس يمكننا القول بأن العنصر هو وحدة تركيب المعدن وأن المعدن هو وحدة تركيب الصخر .

ويبلغ عدد العناصر المعروفة حتى الآن حوالي ١٠٨ عناصر ، ومع ذلك فإن ثمانية منها هي التي تكون ٩٨.٨٪ من تركيب صخور القشرة ، وأما عنصر من هذه العناصر هو الأكسجين ، فهو وحده يتكون حوالي ٤٦.٧٪ من تركيب الصخور ، لأنه يتحد مع كثير من العناصر ويكون منها أكاسيد معدنية مختلفة من أشهرها أكاسيد الحديد وأكاسيد الكالسيوم والمواديوم واليوتاسيوم وغيرها ، ويليه السيليكون الذي يسام بمقدار ٢٧.٦٩٪ في تركيب الصخور ، أي أن هذين العنصرين وحدهما يدخلان بنسبة ٧٤.٤٪ في هذا التركيب .

وفيما يلي أهم العناصر التي تدخل في تركيب الصخور مرتبة على حسب نسبة مساهمتها في هذا التركيب .

الأكسوجين	١٦.٧١٪	الموديوم	٧٥.٧٠٪
السيليكون	٢٧.٦٩٪	البوتاسيوم	٥٨.٢٠٪
الالومنيوم	٨.٧٪	المغنسيوم	٢.٠٨٪
الحديد	٥.٠٠٪	النيونيم	٠.٦٢٪
الكالسيوم	٣.٢٥٪	الليثيوم	٠.١٤٪

أهم المعادن التي تتواجد في تركيب القشرة :

١- الكوارتز (Quartz) ، وهو الذي يشتهر كذلك باسم (المرو) . وهو مركب من ثاني أكسيد السيليكون ، ويعتبر من أهم مركبات الصخور النارية والمتجولة والصخور الرملية . وهو شفاف إن كان نقياً ولكنه قد يكون مائلاً إلى البياض ، أما إن كان مختلطاً بشوائب ملونة فإن لونه يتغير بتغير لون هذه الشوائب . وهو ذو بريق زجاجي . Vitreous Lusture . وصلادته فوق المتوسطة (درجتها ٧) ^(١) ، وهو متبلور وبلوراته من مجموعة السداسي (Hexagonal) وهو لا يتشقق ولكن يمكن تكسيره وطحنه ، إلا أنه لا يحلل بالاحماض . وفغلاً عن دخوله في تركيب كثير من الصخور فإن باوراته توجد منفككة وتغطي مناطق واسعة جداً من سطح الأرض ويحدث هذا عندما يتفكك أو يتحلل الصخر الذي يتضمنه ، ففي هذه الحالة تقرب البلورات بشكل رمال أوحصى ، وليست الرمال الصخرية والحصى الذي يغطي مناطق واسعة من الصحارى إلا حبات كوارتزية مختلفة

(١) تقاس صلادة المعادن على أساس المقياس الذي وضعه أحد الجيولوجيين وهو الباهت موهو ، ويشتهر باسم « موهو لدرجة الصلادة » وعلى أساسه وضعت مدر درجات لهذه الصلادة تبدأ بأقها صلادة ورقتها ١ وينتهي تلك Talc وتنتهي بأشدّها صلادة ورقتها ١٠ وينتهي الماس Diamond . أما الدرجات العشر فهي : ١ (الذك) ، ٢ (الجبس) ويمكن لأي إنسان أن يحدسها « ٣ (الكلسيت) ، ٤ (الفلورسبار) ، ٥ (الأباتيت) ، ٦ (الأرتوكلاز) ، ويمكن خدش أي منها بنصل السكين ، ٧ (الكوارتز) ، ٨ (التوبال) ، ٩ (السكرتندوم) ، ١٠ (الماس) ولا يمكن خدشه .

من تفكك الصخور النارية وتحللها بفعل التجوية وغيرها من العوامل . وإن ضخامة القطاعات الرملية الصعراوية واتساع انتشارها في العالم هو أوضح دليل على أهمية معدن الكوارتز في تركيب قشرة الأرض ، فهو في الواقع أكثر المادن مساهمة في تركيبها .

والكوارتز فضلا عن ذلك هو أحد المتصادية متعددة ، لبعض أنواعه القيمة تدخل في صناعة مدسات النظارات والأجهزة العلمية وفي صناعة الزجاج والخزف . كما أن الأنواع اللونية منه تستخدم في صناعة بعض أنواع المساج والمفود وغيرها من الحلي . وليس المقيق Agate واليشب Jasper إلا حبات من الكوارتز المختلط ببعض الشوائب مثل الطين أو أكاسيد الحديد التي تعطي ألوانا مختلفة منها الأحمر والأصفر والأخضر . ومعظمها ألوان جميلة تجعلها ملائمة لمصناعة بعض الحلي .

ويعتبر السوان Flint من الصخور التي تتكون بصفة أساسية من الكوارتز ولكن بعد اختلاطه ببعض المواد الطينية . والمعروف أن هذا الصخر قد لعب دورا أساسيا في الحضارات البشرية القديمة ، حيث أنه كان المادة الأساسية للصناعة الآلات الحجرية قبل أن يعرف الإنسان استخدام المعادن .

٧ - الكالسيت Calcite وهو الحجر المعروف . وهو مركب من كربونات الكالسيوم ، ودرجة صلابته دون المتوسط (٣) ، ولورانه من مجموعة السداسي وهو سهل التشقق ويطلب أن يكون شفافا ذا بريق زجاجي ، ولكن قد يختلط به الشوائب فيتحول إلى اللون الأبيض أو المسال إلى الرمادي ، وهو سريع التأثير بالاحماض ، فإذا أضيفت إليه شيء منها فإنه ينفور ويبعث منه ثاني أكسيد الكربون . ويوجد تشابه كبير بينه وبين الكوارتز في المظهر ولكن من الممكن أن يميز عنه بسهولة على أساس قلة صلابته وسهولة تشققه .

وهو يأتي بعد الكوارتز مباشرة من حيث كثرة وجوده في صخور القشرة

الارضية فهي المادة الرئيسية في تركيب الصخور الجيرية بمختلف أنواعها ، وكثيرا ما توجد منه عروق نقية متقاطعة مع طبقات الصخور الجيرية أو معوازية معها ، وهي ظاهرة موجودة في بعض أجزاء جبل المقطم ، كما تتكون منه الأعمدة الهابطة والأعمدة المساعدة في كهوف المناطق الجيرية (الاستالاكتيت Stalactites والاستالاكتيت Stalagmites) .

٣ — أكاسيد الحديد Iron Oxides :

تنتشر هذه الأكاسيد بكثرة في قشرة الأرض سواء بشكل كتل مسطحة أو مختلطة بالصخور والرواسب المختلفة . وتوجد منها عدة أنواع أهمها : الهيماتيت Haematite ، والماجنيتيت Magnetite ، والليمونيت Limonite .

والهيماتيت هو أهم الخامات التي يؤخذ منها الحديد ، وتوقف قيمته على نسبة ما يختلط به من شوائب . وهو يعرف أحيانا باسم «حجر الدم Blood Stone» . لأنه لما خدش فإن لونه في موضع الخدش يكون أحمرًا تمامًا مثل لون الدم ، أما لونه الخارجى فيكون إما أسودًا أو أحمرًا مائلًا للسود . وقد يوجد متبلورًا في بلورات من مجموعة السداسي إلا أنه يوجد في الغالب غير متبلور إما بشكل كتل أو بشكل مسحوق ناعم يختلط بالصخور أو الرمال والتربة فيعطى لونها أحمرًا أو بلوا ، كما هو الحال في التربة الحمراء التي تنتشر في مناطق واسعة من العالم ، وفي الصخور الرسوبية الحمراء التي تتكون منها بعض الجبال مثل الجبل الأحمر بالقرب من القاهرة .

أما الماجنيتيت ، فهو أكسيد الحديد المغناطيسي ، وأهم صفاته أن له قوة مغناطيسية واضحة ، ولونه الممتد هو الأسود ، وهو يوجد إما متبلورًا أو بشكل حبيبات غير متبلورة .

أما الليمونيت ، فهو أكسيد الحديد الهيدراتي ، ويرجع أهميته إلى وجود

عنصر البوتانيوم في تركيبه ، وهو عنصر مهم في صناعة مواد الطلاء البيضاء وفي صناعة بعض أنواع الصلب الجيدة ومنها الأنواع التي تدخل في صناعة الطائرات .

٤ - معادن الفلسبار *Felspar* :

تعتبر هذه المعادن (مع الكوارتز) من أهم مركبات الصخور النارية ، وأساس تركيبها الكيميائي هو سيليكات الألوميلوم عندما تتحد مع واحد أو أكثر من أكاسيد البوتاسيوم والصوديوم والسكندريوم . وهي تتحلل بواسطة مياه الأمطار المتحول إلى مواد طينية وصلصالية ، ومنها الرواسب الطينية والصلصالية التي تتكون منها معظم دلتاوات الأنهار ووديانها ، مثل نهر النيل الذي يتكون أغلب الطمي الذي يحمل في موسم الفيضان من معادن الفلسبار التي تختلف من تحمل الصخور النارية لخصبة الحشة . وتوجد من هذه المعادن أنواع نقية تصلح لصناعة الأواني الخزفية . ومن أشهرها الصلصال الصيني *China Clay* والكاولين *Kaolinite* اللذان يوجدان في راسب بعض أنهار الصين ووسط أوروبا . وقد اشتهرت الصين منذ القدم بالصناعات الخزفية من هذه الرواسب ، وربما كان هذا هو السبب الذي من أجله اشتهرت هذه الصناعات في معظم بلاد العالم باسم الصناعات الصينية . وتحتوي الرواسب الطينية لنهر النيل في بعض مناطق الوجه القبلي خصوصا في أسوان على نوع من الصلصال الذي يصلح لهذه الصناعة .

ويعتبر الأرثوكلاز *Orthoclase* والبلاجيوكلاز *Plagioclase* من أهم معادن الفلسبار ، وكلاهما يصلح لصناعة الزجاج والأواني الخزفية .

٥ - الجبسي *Gypsum* :

وهو مركب من كبريتات الكلسيوم والماء ، وقد يوجد مقبلورا أو بشكل كتل غير مقبلورة ، وهو يوجد في كثير من الصخور الرسوبية خصوصا في

المناطق الساحلية ، ففي مصر توجد كيات منه بالقرب من خليج السويس وخليج العقبة وعلى ساحل البحر الأحمر وفي المناطق الساحلية إلى الغرب من الاسكندرية . والجاس النقي شفاف وذو بريق زجاجي ، ويتشقق تشققاً كاملاً ، وإذا حرق فإنه يلقد الماء المتحد معه ويخرج من ذلك المصيص الممروف Plaster of Paris . ومنه الجبس الطبي الممروف ، وهذا هو أنقى أنواع الجبس . أما أكثر أنواعه شيوعاً في الطبيعة فهي الأنواع الرديئة التي لا تصلح إلا لأغراض البناء .

٦ - معادن الميكا Micaceous

وهي من المعادن المهمة التي تدخل في تركيب الصخور النارية ، وهناك كثير من التشابه في التركيب الكيميائي بين هذه المعادن وبين معادن الفلسبار ، فأساس التركيب الكيميائي لها جميعاً هو سيليكات الألوميلوم عند اتحادها مع واحد أو أكثر من الأكاسيد . والأكاسيد التي تدخل غالباً في تركيب الميكا هي أكاسيد الحديد والمانسيوم والبوتاسيوم . وتوجد من الميكا عدة أنواع يختلف بعضها عن بعض على حسب نوع الأكاسيد الذي يدخل في تركيبها ، وهي تلبان غالباً في ألوانها ولكنها تتشابه في صفاتها الرئيسية ، فجميعها ذات بريق زجاجي ويسهل نثقتها في صفائح رقيقة ولها قدرة كبيرة على تحمل درجات الحرارة العالية ، ولذلك فإنها تستخدم بدلاً من الزجاج في صناعة الأجهزة التي تتعرض للحرارة المرتفعة من الأفران وبعض الأجهزة العلمية ، كما أنها تتميز من الزجاج بأنها أقدر منه على مقاومة الكسر مما يجعلها أصلح منه لصناعة غطاءات الساعات ونوافذ الطائرات ، وسفائر الدراجات البخارية وبعض نوافذ وستائر السيارات وغيرها .

ومن أشهر أنواعها الميكا البيضاء المعروفة باسم المسكوفيت Muscovite ، وهي مركبة من سيليكات الألوميلوم وأكاسيد البوتاسيوم ، والميكا السوداء

المعروفة باسم البيوتيت Biotite ، وهي مركبة من سيليكات الألومنيوم مع أكسيد الحديد أو المنغنسيوم .

٧ - الهورنبلند Hornblende ، والأوليفين Olivine : وهما من المصادر التي تدخل في تركيب الصخور النارية ، والأساس في تركيب كل منها هو سيليكات الألومنيوم ، ولكن بينما يتكون الهورنبلند من اختلاط هذا المعدن بالكنسيوم والحديد والألمنيوم فإن الأوليفين يتكون من اختلاطه بالحديد . وهناك تشابه بينهما في بعض الصفات فكلهما يرقه زجاجي ولونه أخضر تقريباً إلا أن لون الهورنبلند يتكون غالباً مائلاً إلى السواد ، كما أنه أشد صلابة من الأوليفين ، فصلابته ٧ أما صلابة الهورنبلند فهي ٥-٦ تقريباً .

ويعتبر الأربنتوس Arpentos أو حجر الفئيل نوعاً من الهورنبلند ، وهو مركب من ألياف يصلح بعضها لصناعة نسج غير قابل للاحتراق . كما يعتبر الزبرجد Peridot نوعاً من الأوليفين ، وهو يتميز بلونه الأخضر الصافي الذي يجعله صالحاً لصناعة بعض الحلى . وهو موجود بكثرة في جزيرة الزبرجد في البحر الأحمر إلى الجنوب من القصير بمصر .

صخور القشرة الأرضية

تقسم الصخور عموماً إلى ثلاث مجموعات كبرى هي : الصخور النارية Igneous Rocks ^(١) والصخور الرسوبية Sedimentary Rocks ، والصخور المتحولة Metamorphic Rocks ، والمقصود بالمجموعة الأخيرة هو الصخور التي كانت في الأصل تنتمي إلى إحدى المجموعتين الأخريين ثم أعيد تبلورها في ظروف جديدة فتحوّلت إلى صخور مختلفة عن الصخور الأصلية التي تحولت منها .

(١) Igneous مأخوذة من كلمة لاتينية هي Ignis ومعناها نار .

اولا - الصخور النارية

ويتميز بها الصخور التي تكونت من تصليب مواد جوف الارض (الماجما) سواء حدث هذا التصليب فوق سطح الارض بعد خروج هذه المواد إلى السطح أو حدث بين طبقات القشرة أو تحتها .

وأهم ما يتميز به هذه الصخور هو أنها لا تحتوي على حفریات ، وأنها لا توجد في طبقات منتظمة . وهي غالبا مكونة من معادن مقبلورة . ولذلك فإنها تشتمل كذلك باسم الصخور المتبلورة أو البلورية Crystallized Rocks . وهي من أشد أنواع الصخور صلابة ، ولذلك فإن لها قدرة كبيرة على مقاومة عوامل التآكل ، ومع ذلك فإن كثيرا منها يسهل تفككه وتخلله بواسطة عوامل التجوية .

وأهم المعادن التي تسام في تركيب هذه الصخور هي : الكوارتز والفلسبار والميكا والموربلند والاوليفين والايوجيت . وهي تقسم على أساس نسبة الكوارتز (ثاني أكسيد السيليكون) الذي يدخل في تركيبها إلى عدة أنواع هي :

(١) صخور حامضية Acidic وفيها تزيد نسبة الكوارتز على ٦٠ ٪ ، فإذا زادت هذه النسبة على ٧٠ ٪ فإنها توصف بأنها فوق الحامضية Ultra acidic .

(٢) صخور متوسطة Intermediate وفيها يتراوح النسبة بين ٥٧ ٪ و ٦٠ ٪ .

(٣) صخور قاعدية Basic ، وفيها تنخفض النسبة عن ٥٧ ٪ ، فإذا انخفضت عن ٤٠ ٪ فإنها توصف بأنها فوق القاعدية Ultra basic .

وبإلى جانب هذا التقسيم الكيميائي فإن هذه الصخور تقسم على أساس الظروف والأماكن التي تشكلت فيها إلى ثلاثة أنواع هي :

١- صخور طفعية Extrusive ، وهي التي تسمى كذلك بالصخور البركانية Volcanic ، وهي التي تتكون من تصلب الطفوح البركانية (أو اللابا) فوق سطح الأرض ، وهي مستعدة في الاصل من المagma التي توجد تحت القشرة ، ويظهر البازلت أكثر الصخور النارية الطفعية انتشارا ، لأنه يتكون كل المنحدر والجبال البركانية في العالم . وتكون بلورات الصخور الطفعية عموما دقيقة لأن سرعة برودتها وتصلبها على السطح لا تترك وقتا كافيا لنمو البلورات .

٢- صخور متدخلة Intrusive ، وهي التي تتكون من تصلب المواد المنصهرة (المagma) بين طبقات القشرة أي قبل وصولها إلى السطح ، وتكون بلوراتها عموما أكبر من بلورات الصخور الطفعية ، وهي توجد في تراكيب جيولوجية متباينة من أهمها السدود والفواصل وغيرها من الأشكال التي سنذكرها فيما بعد .

٣- صخور الاعماق ، وتعرف كذلك بالصخور البلاتونية Plutonic (١) وهي التي تتكون من تصلب المagma على أعماق كبيرة تحت السطح . ومن الطبيعي أن تكون بلوراتها أكبر من بلورات النوعين الآخرين لأن تصلبها يحدث ببطء شديد . وأهم التراكيب الجيولوجية التي توجد فيها هي كتل البتوليت التي سنعلم عليها فيما بعد ، ويظهر الجرانيت أكثر صخور الاعماق وجودا في قشرة الأرض .

ولا يشترط أن تكون صخور الاعماق أو الصخور المتدخلة موجودة في الوقت الحاضر تحت سطح الأرض لأن الحركات الأرضية وهوامل التعرية

(١) كلمة بلوتوني Plutonic كلمة يونانية قديمة منسوبة إلى بلوتو Pluto وهو إله ما تحت الأرض في الميثولوجيا اليونانية القديمة .

المختلفة قد أدت إلى إظهار الكثير منها فوق السطح ، بل إن بعضها يرتفع فوق هذا السطح في كثير من المناطق وتتكون منه هضاب وجبال مرتفعة من أمثلتها كثير من هضاب وسط أفريقيا وجبال شبه جزيرة سينا وجبال البحر الأحمر . وتتميز الصخور النارية التي توجد على سطح الأرض في بعض المناطق بكثرة ما يوجد بها من مفاصل *Joints* ، وهي عبارة عن شقوق كبيرة تقطع بها أجزاء الكتل الصخرية الكبرى إلى كتل صغيرة مرقعة . وقد نشأ هذه المفاصل في الصخور بسبب البرودة أثناء تكونها أو بسبب عوامل التجوية Weathering وعوامل التعرية (١) . وكثيرا ما تكون هذه المفاصل متقاطعة مع بعضها بحيث تؤدي إلى تقسيم الكتل الصخرية للكبيرة إلى كتل أصغر لها أشكال هندسية واضحة بالنسبة لبعض الصخور (شكل ٣١) .

الاشكال التضاريسية والتراكيب الجيولوجية التي تتكون من الصخور النارية :

أولا - الصخور الطبقية (البركانية) :

تتوقف الاشكال التضاريسية التي تتكون من هذه الصخور على كمية المواد المنصهرة التي تخرج إلى السطح ونوعها وطريقة خروجها ، وأهم هذه الاشكال هي :

١ - المخروطات البركانية، وهي تتكون نتيجة لتراكم اللافا المنصهرة حول فوهات البراكين ، وتكون هذه المخروطات قائمة وجوانبها شديدة الانحدار إذا كانت اللافا حامضية (بها نسبة عالية من ثاني أكسيد السيليكون) لأن درجة انصهارها تكون عالية مما يجعلها تعصب بسرعة حول فوهة البركان ، أما إذا كانت قاعدية (بازلية) (فقيرة في ثاني أكسيد السيليكون) فان مخروطاتها تكون مفلطحة وجوانبها بطيئة الانحدار لأن درجة انصهارها تكون

(١) سيمود لاسكلام على عوامل التجوية وعوامل التعرية في اصول لاجله :

- ٩٣ -



شكل (٣١) تقطع الصخور للتربة بواسطة المفاصل
التي تكونت أثناء البرودة فقسمتها إلى أعمدة رأسية

محافظة مما يجعلها تناسب بعيدا عن فوهة البركان قبل أن تتصلب .

٢ - غطاءات اللافا Lava Shards ، وهي عبارة عن هضاب متسعة من
الصخور البركانية . وهي تتكون بسبب خروج اللافا القاعدية من شقوق
في القشرة وانسيابها لمسافات بعيدة . فإذا استمر خروج اللافا لمدة طويلة أو
إذا تكرر خروجها عدة مرات في نفس المنطقة فإنها تؤدي في النهاية إلى تكون

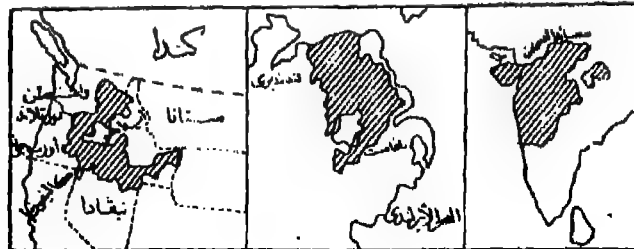
هضاب بارانية ضخمة مثل الهضبة المعروفة باسم مصائد الدكن Decan Trap في شمال غرب هضبة الدكن ، وهي تغطي منطقة مساحتها حوالي نصف مليون كيلو متر مربع ، والهضاب البازلتية الواسعة في ولايات واشنطن وأوريغون وأيداهو في شمال غرب الولايات المتحدة ، ويبلغ متوسط ارتفاعها حوالي ألف متر واتساعها حوالي ٦٠٠ ألف كيلو متر مربع . وكذلك الهضاب التي تشغل منطقة واسعة في شمال شرق أيرلنده . ويمكننا أن نعتبر هضبة الحبشة وهضبة اليمن في مجملها من نفس النوع ، وذلك بالإضافة إلى الثورانات البركانية العادية التي أدت في نفس الوقت إلى ظهور غروطات بركانية واضحة في هاتين الهضبتين .

١ ثانيا - مصخور الأعماق والمصخور المتخلفة

تتكون من هذه المصخور تراكم جيواورجية معبأنة ، وتتكون كل هذه



شكل (٢٢) غروطان بركانيان أحدهما من اللافا الحامضية والثاني من اللافا القاعدية



شكل (٢٣) بعض غطاءات اللافا الكبيرة

التراكيب تحت سطح الأرض إلا أن بعضها يظهر حالياً على السطح بسبب الحركات الأرضية أو بسبب إزالة التعرية لما فوقها من تكوينات أو بسبب الغامبين معاً . وتعرف الأشكال التي تأخذها تراكيب هذه الصخور على عوامل مختلفة من أهمها كمية المواد المنصهرة المندفئة نحو السطح وقوة اندفاعها وامتداد الطبقات الصخرية التي فوقها وقوة مقاومتها ومكان وجود مناطق الضعف فيها مثل الانكسارات والمفاصل وسطوح انفصال الطبقات . فبذل هذه المناطق تعتبر طرقاً سهلة نسبياً يمكن أن تسلكها المواد المنصهرة لتتحرك أو تتجمع . ومن أم الأشكال التي تأخذها تراكيب هذه الصخور ما يأتي :

١ — الباثوليث Batholith : وهو عبارة عن كتلة ضخمة جداً من صخور الأعماق التي تكونت على عمق كبير من سطح الأرض نتيجة لاندفاع كيّات ضخمة من المagma إلى أعلى وتصلبها قبل أن تصل إلى السطح ، وقد يصل حجم الباثوليث إلى مئات الآلاف من الكيلومترات المكعبة ، فإذا أدت الحركات الأرضية وعوامل التعرية إلى رفعه وإظهاره فوق السطح فإنه يكون نطاقاً جبلياً يوقف ارتفاعه وامتداده على حجم الباثوليث ، ومن أمثلة النطاقات الجبلية الكبيرة التي تكونت بهذا الشكل الجبال الواقعة على جانبي البحر الأحمر وجبال شبه جزيرة سيناء ، والجبال الساحلية في كولومبيا بإسبانيا قرب أمريكا الجنوبية ، وهي تشغل نطاقاً طوله ١٠٠٠ كيلومتر وعرضه ١٧٠ كيلومتراً .

٢ — اللاكوليث Laccolith : وهو عبارة عن كتلة من الصخور النارية المتدخلة التي تتكون غالباً بشكل قبة بين طبقات القشرة الأرضية ، وهو أصغر حجماً بكثير من الباثوليث كما أنه أقرب منه إلى سطح الأرض ، ولكنه مع ذلك يتكون على عمق كبير نسبياً . وهو يتكون إذا اعترضت المagma عند اندفاعها إلى أعلى طبقة شديدة المقاومة بحيث لا تستطيع اختراقها ولكنها

تستطيع انبها إلى أعلى فتتجمع الماجا تحت للثني ثم تصطب بشكل قبة كبيرة ،
وإذا ظهر اللاكوليث فوق السطح بسبب الحركات الارضية أو بسبب
موامل النعربة فانه يظهر بشكل قبة من الصخور النارية .

وهناك نوع من اللاكوليث الذي يتميز بأن له عنقا طويلا متمعلا في
طبقات الغشرة ، ويطلق عليه اسم اللاكوليث المدمق *Dykmolith* أو العنق
الجوفي *Plutonia Plug* .

اللابوليث *Lapolith* : وهو تركيب يشبه اللاكوليث إلا أنه وضعه
يكون معكوسا أي أن قته تكون إلى أسفل وقاعدته إلى أعلى ، وهو
يتكون إذا كانت الطبقة التي تعترض اندفاع الماجا من القوة بحيث لا تستطيع
الماجا انبها إلى أعلى ، إنما تستطيع أن تنقى الطبقة التي تحتها إلى أسفل .
ونتيجة لهذا فان التركيب الناتج يأخذ شكل قع أو شكل حوض ضخم .

٤ - الخواطع (السدود غير المتوازية) *Dykes* (١) وهي كتل مسطيلة
أو سدود من الصخور النارية عمدة بشكل أحده منقطعة مع طبقات الغشرة
الارضية ، ولكنها لم تكن عند بدء تكونها واصله إلى السطح ، وهي تتكون
عندما تجد الماجا شقوقا أو فواصل في طبقات الصخور فتندفع فيها إلى أعلى
حيث تملؤها وتصطبب فيها ، وهي تقطع الطبقات التي تنخرقها في اتجاهات
عمودية أو مائلة . وهي تتباين فيما بينها تبايناً كبيراً في الارتفاع والسلك ،
فبعضها يصل ارتفاعه إلى أكثر من مائة متر وبعضها الآخر لا يزيد ارتفاعه

(١) يوصف التركيب الجيولوجي للصخور المتدخلة وصخور الأعماق بأنه متوافق
Concordant إذا كان هذا التركيب ممتداً مع امتداد الطبقات التي يتكون بينها ، ويوصف
بأنه غير متوافق *Discordant* إذا كان اتجاهه متعاملاً مع هذه الطبقات .

من بضعة أمتار ، كما أن بعضها قد يزيد قطره على بضعة أمتار وبعضها الآخر لا يكاد قطره يجاوز المتر الواحد . وقد يحدث في بعض المناطق أن توجد مجموعة كبيرة من القواطع المتقاربة ، ويطلق على مثل هذه المجموعة أنهم « سرب القواطع Dyke Swarm » . وتدل كثرة القواطع في أى منطقة من المناطق على كثرة الشقوق والفواصل في طبقات القشرة الأرضية . وفي مثل هذه المناطق يكون شق الطرق والقنوات أمرا بالغ الصعوبة إذا كانت القواطع واصله إلى سطح الأرض أو بالقرب منه .

• العتبات (السدود المتوافقة) Sills : وهي عبارة عن سدود أفقية تمتد بين الطبقات الأفقية ، وتكون عندما تجد المagma أثناء اندفاعها إلى أعلى مناطق ضعيفة بين الطبقات فتندفع فيها مكونة طبقات يختلف سمكها وامتدادها على حسب كمية المagma المتدفقة واتساع مناطق الضعف ، ويتراوح سمك العتبات التي تتكون بهذا الشكل من بضعة سنتيمترات إلى بضعة أمتار . ويعبر وجود هذه العتبات على طريق حفر الآبار للوصول إلى طبقات المياه الجوفية أو الطبقات البترولية التي ربما تكون موجودة تحنها ، ولكنها إلى جانب ذلك تساعد (بسبب عدم مساميتها) على تكوين طبقات مانعة توفها .

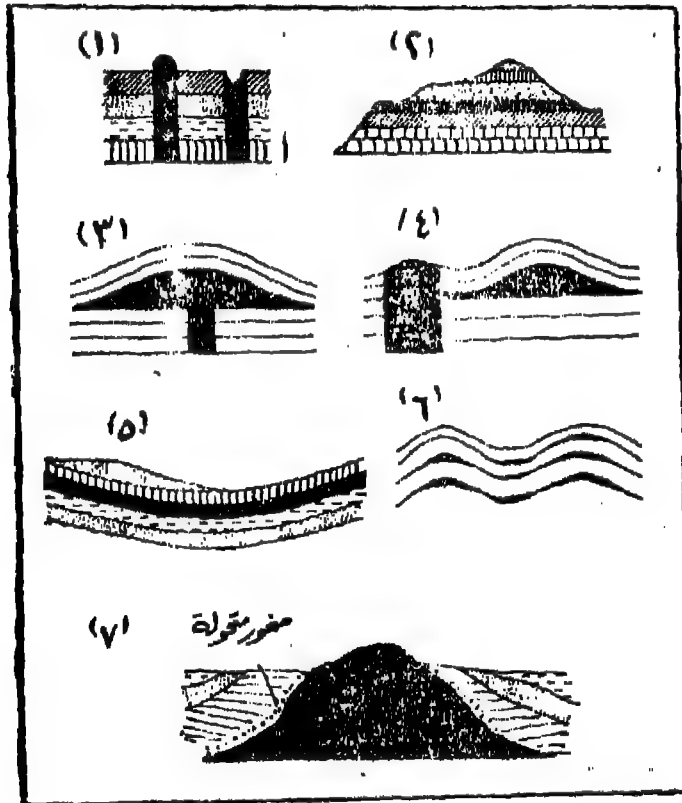
وقد يحدث في بعض المناطق أن تكون الطبقات الصخرية التي تتسبب المagma بينها بحدة الشكل ، وفي مثل هذه المناطق تأخذ العتبات نفس شكل امتداد الطبقات فتظهر بشكل أهله ، ويطلق على مثل هذه السدود اسم الفاكوليت Phacolith أو السدود الحلقية .

أمثلة للصخور النارية الشهيرة :

أولا : الصخور الطلعية (البركانية) :

البازلت Basalt : وهو أشهر الصخور الطلعية التي تتكون نتيجة

لغصلب اللافايد خروجهم من فوهات البراكين أو الشقوق، وهو أوسع الصخور
النارية انتشاراً على سطح الأرض لأنه يتكون كل الحجاب والجبال البركانية
في العالم . وهو صخر فوق للقاعدى بسبب فقره الشديد في ثاني أو أكسيد
السيليكون (الكوارتز) . والمعادن الرئيسية التي يتكون منها هي الأوجيت



شكل (٣٤) أم الأشكال التي تظهر بها الصخور النارية

(١) سدود رأسية ، (٢) معة (سد أفقى) ، (٣) لاكوليث ، (٤) لاكوليث
مصنق ، وبجانبه لاكوليث عادى (٥) لاكوليث ، (٦) لاكوليث (سدود
حلقية) (٧) لاكوليث كشفتة العمرة (لاحظ الصخور المنحورة الملامعة له) .

والأوليفين والبلاجيو كلاز . وبلورات البازلت صغيرة ، وتكثر به النقوب
والفتحات التي تنشأ نتيجة لخروج الغازات من اللافا أثناء برودتها على السطح ،
واللون الغالب في هذا الصخر هو اللون الرمادي الذي يميل أحيانا إلى
السواد أو الاخضرار . وهو شديد الصلابة ، وكثيرا ما يستفاد به في رصف
الطرق في المناطق ذات القرية الطينية حيث توضع منه طبقة تحت الأسفلت
لتكون بمثابة أساس صلب .

حجر الخفاف : وهو صخر ناري كثير الفراغات ، ويعتمد بصفته لدرجة أنه
يطفو فوق الماء ، وهو يتكون نتيجة لتصلب الفقاعات التي تتكون على سطح
اللافا أثناء برودتها وخروج الغازات منها على سطح الأرض . ويكون لون
الخفاف متلا إلى السواد إذا تكون من اللافا البازلتية (القاعدة) وما تلا إلى
البياض أو الأحمر إذا تكون من اللافا الحمضية .

ثانياً — صخور الأعماق والصخور المتبدلة :

الجرانيت *Granite* : وهو صخر جولي حمضي حيث يتميز الكوارتز من
أهم مكوناته ، كما يتميز الفلspar كذلك من مكوناته الرئيسية ، ويضاف
إليها واحد أو أكثر من معادن الميكا والمورنيلاند والارثوكلاز . وتوجد
من الجرانيت عدة أنواع يختلف بعضها عن بعض على حسب اللون وحجم
البلورات ، ويختلف لون الصخر عادة على لون الفلspar الذي يدخل في
تركيبه ، فإذا كان ورديا فإن لون الصخر يكون ما تلا إلى الاحمرار ، أما
إذا كان لونه أبيضاً وكان لون الميكا أسودا فإن لون الصخر يكون رمادياً .
أما على أساس حجم البلورات فإن الجرانيت ينقسم إلى نوعين أحدهما دقيق

الحبيبات *Fine grained* والثاني خشن *Course grained*

والجرائنات تحديد المعدلة جدا ويتميز بمقدرته على مقاومة عوامل التعرية ، ولذلك فانه من اصحاب الصخور لبقاء السدود على الانهار ولصناعة التمايل ، وقد كانت الفراعنة يستخدمونه فعلا في حمل التمايل والمسلات . ومع ذلك فانه يتأثر بالتجوية ، سواء في ذلك التجوية الآلية أو التجوية الكيميائية . وإن التجوية هي التي تؤدي بمرور الزمن إلى نفث الصخور فتتصلب عنه في هذه الحالة المعادن المكونة له . وتعتبر الرمال الصحراوية في مختلف جهات العالم أكثر المواد الناتجة من تجوية الجرائنات انتشارا على سطح الأرض ، وهي عبارة عن حبات كوارتزية ، بيضاء الاحجام . وتعتبر المواد الطينية والصلصالية كذلك من أم المواد التي تنتج عن تجوية هذا الصخر ، وهي تنتج عادة من تحلل معادن الفلسبار التي تعتبر من أم مركباته .

وتوجد في مختلف جهات العالم نطاقات كبيرة من المرتفعات التي تتكون من الصخور الجرانيتية وأغلبها كانت في الاصل تكوينات جوفية من نوع الباثوليت أو اللاكوكيت ثم أدت حركات القشرة الأرضية وعوامل التعرية إلى ظهورها على السطح ، ومن أمثلتها في إفريقيا معظم هضاب وسط القارة وجنوبها ومرتفعات البحر الأحمر وشبه جزيرة سيناء .

الفلسيت Felsite . وهو غالبا صخر متدخل ، وتتكون منه كثير من القواطع Dykes والعتبات Sills ، وهو يشبه الجرانيت في تركيبه ، ولكن لموراته دقيقة جدا حتى أنها لا ترى غالبا إلا بالمجهر ، وذلك بسبب التصلب السريع للمواد المنصهرة التي تكون منها عند اندفاعها خلال الصخور الأخرى ، حيث أنها تندفع بشكل أعمدة طويلة قليلة السمك ، كما يحدث عند تكون القواطع ، أو بشكل طبقات رقيقة كما يحدث عند تكون العتبات .

ثانياً - الصخور الرسوبية

Sedimentary Rocks

صلااتها العامة

تغطي هذه الصخور حوالي ٧٥٪ من المساحة الكلية لليابس، واكتناج ذلك لا تمثل إلا ٥٪ فقط من حجم القشرة الأرضية، بينما يكون العكس بالنسبة للصخور النارية والمتحولة التي لا تظهر على السطح إلا في حوالي ٢٥٪ فقط من مساحة اليابس بينما تمثل ٩٥٪ من تركيب القشرة. وتوجد هذه الصخور عادة في طبقات متعاطية ولذلك فانها تسمى كذلك بالصخور الطبقة Stratified Rocks ويكون تتابعها عادة متفقا مع ترتيب الصخور التي تكونت أثناءها بحيث يكون القديم منها تحت الاحداث منه، ومع ذلك فقد أدت الحركات الأرضية وعوامل التعرية إلى اختلال هذا التتابع في كثير من المناطق. وتتميز الصخور الرسوبية بكثرة ما بها من حفريات Fossils، وعلى البقايا والآثار الحيوانية والنباتية التي توجد في طبقاتها. وتعتبر هذه الحفريات من أهم وسائل دراسة هذه الصخور، لأنها تبين بوضوح عمر الطبقات الصخرية ونوع الظروف المناخية والنباتية والحيوانية التي كانت سائدة خلال العصر الذي تكونت فيه وطبيعة المناطق التي أرسبت فيها من حيث كونها مناطق بحرية أو بحيرية أو وديان نهرية أو مناطق صحراوية أو جبلية. ولهذا السبب فإن دراسة تتابع الطبقات وترتيبها الزمني وما بها من حفريات تعتبر في الوقت الحاضر علما مهما من علوم الجيولوجيا، وهو علم دراسة الطبقات Stratigraphy.

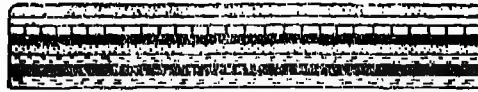
التراكيب الجيولوجية للصخور الرسوبية :

توجد الصخور الرسوبية في تراكيب Structures كثيرة ومتنوعة، ففي بعض هذه التراكيب تكون الطبقات محافظة على تمامها الزمنى بل وعلى أعدادها الأقل نتيجة لعدم تعرضها للحركات الأرضية العنيفة، بينما يكون ترتيبها في بعضها الآخر مختلا إما نتيجة للحركات عنيفة أدت إلى زحف بعض الطبقات

القديمة فوق طبقات أحدث منها أو بسبب إزالة بعض الطبقات بفعل عوامل التعرية . وعلى هذا الأساس تقسم التراكيب هذه المعصور إلى قسمين هما : تراكيب متوافقة Conformable ، وتراكيب غير متوافقة Unconformable . والمعصود بالتراكيب المتوافقة هو التراكيب الذى تكون فيه الطبقات متتابعة من أسفل إلى أعلى على حسب ترتيبها الزمنى دون أن تختفى من بينها طبقات أى عصر من المعصور ، أما التراكيب غير المتوافقة فهو التراكيب الذى لا تكون طبقاته متتابعة بنفس ترتيبها الزمنى ، أو الذى تختفى فيه طبقات عصر واحد أو أكثر . وأهم الظروف التى تؤدى إلى ذلك هى أن يتوقف الإرساب فى المنطقة بعض الوقت بينما تعمل عوامل التعرية على إزالة الطبقات العليا التى تمثل عصرأ من المعصور أو أكثر ، ثم يعود الإرساب من جديد فيؤدى إلى تراكم طبقات جديدة فوق السطح الذى تحته عوامل التعرية والذى يطلق عليه فى هذه الحالة اسم سطح عدم التوافق Unconformity Surface (أنظر شكل ٣٥) .

ميل الطبقات Dip of Strata : المقصود بميل الطبقات هو امتدادها فى مستوى غير أفقى ، فعلى الرغم من أن الطبقات تظل فى كثير من التراكيب منخفضة بانحماها الأفقى حتى بعد تعرضها لبعض الحركات الأرضية مثل الحركات الرأسية ، فإن هذه الحركات تؤدى فى أغلب الحالات إلى تغيير هذا الاتجاه بحيث تصبح معظم الطبقات مائلة على المستوى الأفقى . وتباين درجات الميل من موضع إلى آخر على حسب نوع الحركات الأرضية ودرجة تأثير الطبقات الصخرية بها ، ونحسب درجة ميل أى طبقة بقدر الزاوية التى تصنعها هذه الطبقة مع المستوى الأفقى ، وهذه هى التى تعرف باسم «زاوية الميل Angle of Dip» . وفى تلماس بواسطة جهاز خاص هو جهاز قياس الميل ، أو الكلينيومتر Clinometer . ويجب ألا نخلط بين ميل الطبقات وانحدار سطح الأرض Slope ، فكثيرا ما تكون الطبقات أفقية فى مناطق سطحها شديد الانحدار ،

- ١٠٣ -



سطح التوافق

شكل (٣٥) مراحل حدوث عدم التوافق في الطبقات الرسوبية

أو تكون مائلة في مناطق سطحها أفقى . ويطلق تعبير « مضرب الطبقة » *Sirike of Stratum* على الخط الأفقى المعامد على اتجاه ميل هذه الطبقة ، وإن كان جزء أو جانب من هذه الطبقة ظاهراً على السطح فيطلق عليه تعبير « مكشوف الطبقة » *Outcrop of St.* ويتوالف اتساع مكاشف الطبقات على العلاقة بين اتجاه ميلها واتجاه انحدار سطح الأرض ، فإذا كانت الطبقات مائلة في نفس اتجاه الانحدار السطح فإن مكاشفها تكون متسعة أما إذا كانت مائلة في الاتجاه الماكس لاتجاه الانحدار فإن مكاشفها تكون ضيقة ، وخصوصاً إذا كانت معامدة على السطح المتعذر (أنظر شكل ٣٧) .

الأسطح الطبقة Bedding Planes: ويقصد بها الأسطح التي تلتقي عندها الطبقات المتجاورة . ويكون السطح الطبقي واضحا إذا كانت الطبقتان المتجاورتان مختلفتين في التركيب اختلافًا واضحا، كأن تكون إحداهما مكونة من حجر رملي والثانية من حجر جيري أو طيني . ومن الواضح أن الأسطح الطبقة تمثل سطوحاً قديمة لقيعان بحار أو بحيرات أو أرضاً يابسة قبل أن تغطى بالرواسب التي كونت الطبقات التي فوقها .

الطبقة الكاذبة False Bedding: ويقصد بها انقسام الطبقة الواحدة بواسطة أسطح مستعرضة بحيث تبدو وكأنها مكونة من طبقات متعاقبة ، ويحدث ذلك على الشواطئ بسبب المد والجزر أو بسبب التيارات البحرية أو بسبب تغير قوتها . ولذلك فقد يطلق على هذه الظاهرة كذلك اسم طباية التيار Current Bedding ، ومن الممكن أن تحدث الطباقية الكاذبة كذلك بسبب تغير اتجاه الرياح وقوتها ، (انظر شكل ٢٨) .

أنواع الرواسب Types of Sediments or Deposits :

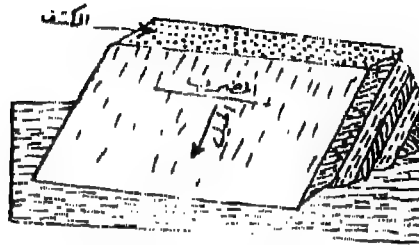
من الواضح أن تنوع الصخور الرسوبية يتوقف قبل كل شيء على تنوع الرواسب التي كونها . وتنوع الرواسب فيها يلحق نتيجة لعوامل كثيرة من أهمها الطرق التي نشأت بها هذه الرواسب والعوامل التي تدخلت في عمليات الترسيب والظروف التي تمت فيها هذه العمليات .

لعل أساس الطرق التي نشأت بها فإن هذه الرواسب تقدم مرموما إلى ثلاثة أنواع هي :

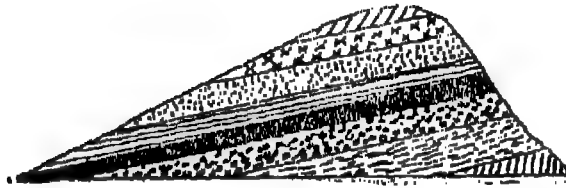
١ - الرواسب التي نشأت بطريقة كيميائية مثل الأملاح التي ترسب من المحاليل المختلفة مثل ملح الطعام والجبس والنفطون .

٢ - الرواسب التي نشأت بطريقة عضوية ، وتشمل كل الرواسب التي نشأت من أصل نباتي أو حيواني في البر أو في البحر ، حتى ولو كانت قد

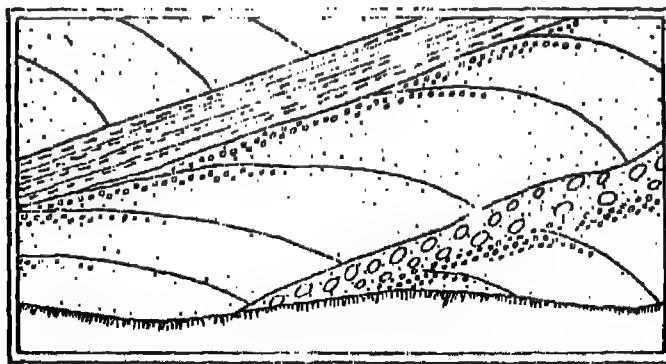
— ١٠٥ —



شكل (٣١) ميل الطبقات



شكل (٢٧) العلاقة بين انحدار سطح الأرض وميل الطبقات واتساع مكاشفها



شكل (٣٨) طباقية كاذبة

فقدت، في الوقت الحاضر كل صلة لها بالكائنات الحية وتحولت إلى مواد صخرية. مثل معظم الصخور الجيرية والفحم الجيري .

٣ - الرواسب التي نشأت بطريقة آلية ، وتشمل الرواسب التي نشأت نتيجة لعمليات التجوية الآلية وما يتبع منها من تفكك للصخور وتفتتها . أما على أساس الموائل والظروف التي تدخلت في عمليات الترسب فإن الرواسب تنقسم إلى مجموعتين كبيرتين هما :

(١) رواسب بحرية . (٢) رواسب قارية .

أولاً - الرواسب البحرية Marine Deposits :

وهي تشمل جميع الرواسب التي تتراكم في قاع البحار والمحيطات ، وهي تختلف فيما بينها بعدة عوامل متعددة أهمها : عمق المياه ، ودرجة ملوحتها ، ونوع المواد التي تصل إليها من اليابس المحيط بها ، وحركات المد والجزر والأمواج والتيارات البحرية ، والحياة الحيوانية والنباتية التي تعيش فيها ، ويمكن تقسيمها عموماً إلى ثلاثة أنواع هي :

١ - الرواسب الشاطئية Coastal deposits ، وهي غالباً رواسب خشنة تتكون من الرمال والحصى وربما بعض الأحجار الصغيرة والمائلة للاستدارة كما هي الحال أمام كثير من السواحل الصخرية. ولذا كانت حركات المياه هي السبب في صقلها واستدارتها . ويتناقص حجم الرواسب الشاطئية كلما توغلنا في البحر بعيداً من الشاطئ . وتتميز هذه الرواسب عموماً بكثرة ما يختلط بها من بقايا نباتية وحيوانية ، وبأنها لا توجد في طبقات ظاهرة ، وإنما توجد مختلطة بعضها ببعض . ويتنصر وجودها عموماً على الرف القاري ، وتكاد تختفي في الأعماق التي تزيد عن ٢٠٠ متر .

٢ - رواسب البحار العميقة ، وهي تتدرج من الرواسب الشاطئية . وتوجد

في الاعماق التي تزيد على ٢٠٠ متر، وتتكون في مجملها من مواد ناعمة تزداد في دقة حبيباتها كلما ابتعدنا عن الساحل، ومصدرها الرئيسي هو الرواسب المدفونة التي تحملها الأنهار والرياح من الياس، والتي تظل بسبب دقتها عالقة بالمياه لمسافات كبيرة داخل البحر ثم تترسب نحو القاع ببطء شديد وتختلط بها بعض المواد العضوية ولكنها أقل منها في الرواسب الشاطئية، كما أنها تتناقص كلما زاد العمق وزاد البعد عن الشاطئ.

وتعتبر الاعماق السحيقة من المحيطات، وهي الاعماق التي تزيد على ثلاثة آلاف متر بوجود رواسب بحرية من نوع خاص يطلق عليها اسم الأوزو Ooze. وهي مكونة في مجملها من خلايا حيوانية بحرية وبهايا كائنات حية دقيقة مضافا إليها بقايا الحيوانات التي تعيش عند السطح وترسب بقاياها نحو القاع بعد موتها.

١ - الرواسب القارية Continental Deposits :

وهي تشمل جميع الرواسب التي تتراكم على سطح القارات بما في ذلك الرواسب التي تتراكم في قاع البحيرات أو في مجاري الأنهار، وهي تنقسم على أساس العوامل التي تدخلت في ترسيبها إلى أربعة أنواع هي :

١ - رواسب هوائية Eolian deposits : وهي الرواسب التي تحملها

الرياح وتلقى بها عندما تهدأ سرعتها، وهي تتكون في مجملها من أتربة ورمال تختلف أحجامها على حسب قوة الرياح. ومن أمثلتها الرمال التي تتكون منها الكثبان الرملية والأتربة التي تتكون منها بعض أنواع التربة مثل تربة اللويس Loess. وكلما صغرت أحجام حبات هذه الرواسب استطاعت الرياح أن تحملها إلى مسافات أبعد. فالمعروف بملا أن تربة اللويس التي توجد في شمال الصين قد تكونت من الأتربة التي نقلها الرياح من شرق أوروبا وغرب آسيا.

رواسب فيضية Alluvial deposits وتشمل الرواسب التي تحملها

وترسبها المياه الجارية ، وتوقف أحجامها على سرعة المياه ، فهي تتراوح بين الحبيبات الصغالية الدقيقة التي يمكن أن تظل عالقة بالمياه البطيئة أو الرائدة والاحجار الكبيرة التي يمكن أن تدفعها السيول الجارفة على منحدرات الجبال إلى السهول المجاورة . ومن أهم ما تتميز به الرواسب الفيضية أنها ترسب دائما وترتيب معين بحيث ترسب المواد الثقيلة أولا ثم ترسب فوقها المواد الاخف منها بالتوالي ، كما أنها ترسب بنفس الترتيب على طول مجرى النهر أو السيل حيث تقلص أحجامها بالتدريج كلما تناقصت سرعة جريان الماء .

٣ - رواسب بحرية Lacustrine deposits : وهي تشمل رواسب

البحيرات المالحة ورواسب البحيرات العذبة ، وتتكون الأولى على جملتها من الاملاح التي ترسب نتيجة لبخار المياه ، أما الثانية فتتكون عادة من مواد طينية وصغالية ناعمة تشبه رواسب الانهار البطيئة جدا .

٤ - رواسب جليدية Glacial deposits : وتشمل جميع الرواسب التي

يحملها الجليد عند زحفه على سطح الارض ثم يرسبها عندما يأخذ في الانصهار ، وأشهر أنواعها هي الركامات الجليدية Moraines . وأهم ما يميزها أنها لا توجد بالترتيب واضح بل تختلط فيها الرواسب الناعمة بالرواسب الخشنة وقطع الاحجار أو الكتل الصخرية . ويميز الجليد عن غيره من عوامل نقل الرواسب مثل الرياح والمياه الجارية بأنه يستطيع أن ينقل كتلا صخرية كبيرة إلى مسافات بعيدة جدا . ومثال ذلك الكتل الصخرية الضخمة التي يطلق عليها اسم Erratics (أو الصخور الشاردة) وهي كتل صخرية ضخمة نقلها الجليد مسافات بعيدة والتي بها في مناطق ذات تركيب صخري مختلف بحيث تبدو هذه الكتل غريبة فوقه ، ومن أمثلة هذه الرواسب كذلك الرواسب المعروفة باسم الصلصال الجلاميدي Boulder Clay ، وهو عبارة عن كتل مكونة

من طحين صخري Rock Flower يشبه الصلصال في دقة حبيباته وتخلط به كثير من الاحجار ، وينشأ هذا الدقيق نتيجة لاحتكاك الجليد بالصخور التي يزحف فوقها أو بجوارها أثناء انحداره على جوانب الجبال .

تماسك الرواسب وتكون الصخور :

تظل المواد الرسوبية عموماً مفككة بعد ترسيبها إلا إذا طرأ عليها ما يؤدي إلى تماسكها ، وعندئذ تتكون منها الصخور التي تتباين فيما بينها على حسب نوع الرواسب والطريقة التي تماسكت بها ، ويحدث هذا التماسك بطريقة أو أكثر من الطرق الآتية :

١ - ترسيب مواد لاصقة بين حبات المواد الرسوبية ، والمقصود بالمواد اللاصقة هو المواد الدقيقة التي يمكن أن تملأ الفراغات التي بين حبات الرواسب تؤدي إلى تماسكها . والمواد التي تصبح لهذا الغرض كثيرة ومتنوعة ومن أمثلتها الجير والطين والصلصال وأكاسيد بعض المعادن مثل أكاسيد الحديد وغيرها . ويعتبر ترسيب مثل هذه المواد ضرورياً جداً لتماسك الرواسب الخشنة مثل الرمل والحصى . ويتوقف كثير من صفات الصخر على نوع المواد التي تؤدي إلى تماسك حباته ، فالرمال التي تماسك حباتها بواسطة الجير يتكون منها ما يعرف بالحجر الرملي الجيري ، أما التي تماسك حباتها بواسطة أكاسيد الحديد فيتكون منها ما يعرف بالحجر الرملي الحديدي ، والاول منها أقل صلابة من الثاني .

٢ - وقوعها تحت الضغط بسبب تراكم بعضها فوق بعض أو تراكم رواسب أخرى فوقها ، ولكن هذا العامل لا يكفي وحده لتماسك الرواسب الخشنة، بينما يكفي لتماسك الرواسب الدقيقة مثل الرواسب الطينية والصلصالية.

٣ - جفافها وخروج المياه من بين حباتها بسبب التبخر أو تجمد

للضغط ، كما يحدث للرواسب الطينية والصخرية ، لأن تجفيف مثل هذه المواد يمكن للتصاق بعضها ببعض وتحويلها إلى أحجار طينية ، ولكنها تكون عادة قليلة الصلابة .

أمثلة للأنواع الرئيسية من الصخور الرسوبية :

تنقسم هذه الصخور إلى ثلاث مجموعات رئيسية هي : الصخور الجيرية ، والصخور الرملية والصخور الطينية . وقد يحدث أحياناً أن يكون الصخر مكوناً من خليط من مواد متباينة بحيث يصعب ضمه إلى أى مجموعة من هذه المجموعات ، ومثل هذا الصخر يوضع ضمن مجموعة خاصة تعرف باسم والمجموعات الصخرية Conglomerates ، وفيها يغتاط الطين بالرمل والحصى وغيرها .

أولاً - الصخور الجيرية (Calcareous Rocks or Limestones) :

تعتبر هذه الصخور من أهم المكونات الصخرية لقرية الأرض ، وتوجد منها نطاقات عظيمة السمك والامتداد في كل القارات ، وقد يصل سمكها في بعض المناطق إلى بضعة كيلومترات ، ويمكن للدلالة على ذلك أنها هي التي تتكون منها معظم سلاسل الجبال الاثنائية القديمة والحديثة في العالم ، كما أنها توجد في نطاقات أخرى عظيمة الامتداد على سواحل كل البحار والمحيطات الحالية وفي المناطق التي كانت نشطتها بحار قديمة .

وتتميز هذه الصخور عموماً بأنها تذوب في الأحماض ، ولهذا فإنها تذوب ولو ببطء شديد ، في مياه الأمطار التي تحمل عند سقوطها بعض ثاني أوكسيد الكربون من الجو ، ولذلك فإن كثيراً من مناطقها تشتهر بكثرة كهوفها وأنهارها السفلية وغير ذلك من المظاهر التي يطلق عليها عموماً تعبير . المظاهر الكارستية (Carstie Features) نسبة إلى منطقة من هذا النوع هي منطقة

كأرست في جبال الألب الدينارية في غرب يوجوسلافيا) وقد أصبحت
الصخور الجيرية لهذا السبب من أعظم خزانات المياه الجوفية في بعض البلاد .
وترجع الصخور الجيرية في مجاتها إلى أصل عضوي ، فقد تكون معظمها
نتيجة لتراكم اللواقع وعظام الحيوانات البحرية المختلفة بكميات كبيرة في قيعان
البحار خلال العصور الجيولوجية المختلفة . فمن المعروف أن معظم الحيوانات
البحرية لها قدرة كبيرة على استخلاص الجير من ماء البحر لاستخدامه في بناء
عظامها أو محارماتها . وإليه جانب ذلك فقد نشأت بعض الصخور الجيرية
بطريقة كيميائية نتيجة لترسيب الجير من الماء الذي يكون حاملا لبعض منه ،
إلا أن الصخور التي تتكون بهذه الطريقة لا توجد إلا في أماكن محدودة
جدا ، وهي تتميز عن الصخور الجيرية العادية بأنها تكون في أغلب الأحيان
متبلورة . ومن أشهر أنواعها أعمدة الاستلاكتيت Stalactites
والاستلاجيت Stalagmites ^(١) ، التي توجد في كهوف مناطق الصخور
الجيرية . وتكوينات الترافرتين Travertine الجيرية التي ترسب حول
فوهات بعض العيون التي يكون بعض الجير مذابا في مياهها .

والصخور الجيرية فهي جملتها بيضاء اللون إلا إذا اختلطت بمواد أخرى
ملونة مثل الطين أو أكاسيد الحديد . وهي تتباين فيما بينها تباينا كبيرا في
درجة الصلابة ، فمنها ما هو شديد الصلابة مثل الدولوميت ومنها ما هو
هش جدا مثل الطباشير . وفيما إلى وصف مختصر لبعض الصخور الجيرية
المشهوره .

(١) أعمدة الاستلاكتيت هي الأعمدة التي تنبسط من أعلى الكهف وأعمدة الاستلاجيت
هي التي ترتفع فوق فناء إلى أعلى . وكلاهما تكون نتيجة لتسكك ترسيب الجير في
المواضع التي تميل نطق المياه التي تحملها إلى التجميع فيها .



شكل (٣٩) الأعمدة المائلة (استلا كيت) والأعمدة المساعدة
(استلاجيت) في أحد كهوف مناطق الصخور الجيرية .

الطباشير Chalk : وهو حجر ناصع البياض قليل الصلابة ، وتوجد منه طبقات عظيمة السمك والامتداد في جهات مختلفة من العالم ، ويرجع تكوينه عموما إلى العصر الكريتاسي (الطباشيري) . وهو مكون من هياكل مجهرية لكائنات بحرية خاصة كانت عظيمة الانتشار في البحار الدافئة خلال العصر الكريتاسي ، وتعرف باسم فوراميفيرا Foraminifera . وليس

الطباشير الذى يستخدم فى الكتابة إلا نوما من أنواع الأحجار الطباشيرية (أنظر شكل ٣٤) .

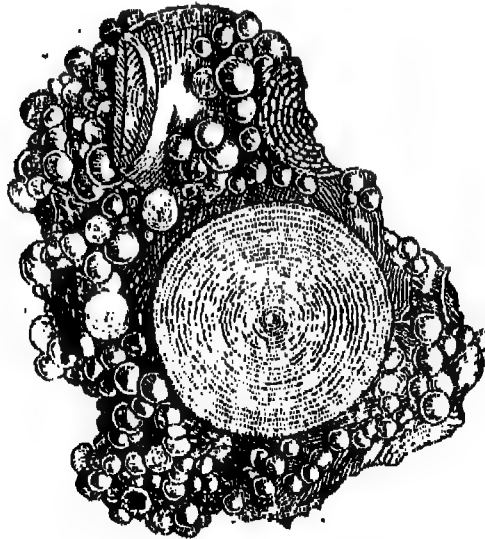
الحجر الجيري النوموليتى Nummulite limestone : وهو أشد صلابة من الطباشير ، وأم يميز أنه مكون من محارات مستديرة متساكة تشبه فى مظهرها قطع القود المعدنية . وقد تكونت أغلب طبقاته خلال عصر الأوسين الذى يشتهر لهذا السبب باسم عصر النوموليت . وهو يظهر فى بعض الأماكن على منحدرات جبال المقطم وفى الهضاب المطلة على وادي النيل ابتداءً من جنوب القاهرة حتى مدينة قنا (أنظر شكل ٣٥) .

الحجر الجيري الأوليقي (أو العيب) Oolitic limestone : وهو نفس الحجر الذى يطلق عليه أحيانا اسم الحجر الجيري البطاريخي ، لأنه يتكون من حبات من الرمال الجيرية المستديرة التى تشبه بيض الأسماك ، وتكون كل حبة من هذه الحبات من نواة دقيقة جدا من الرمل أو فتات القواقع ، وتحيط بها طبقات رقيقة جدا من الحجر ، الذى يترسب فوقها على دفعات نتيجة لتكرار تبللها بالماء المحمل بالحجر ثم تبخر هذا الماء ، وهذه الحبات هى التى تتكون منها الرمال البحرية الجيرية ، وهى رمال خشنة مختلفة عن الرمال الصحراوية الكوارتزية . وتعمل الرياح فى كثير من المناطق على توزيع هذه الرمال أو تجميعها فى سلاسل من الكثبان التى تمتد على طول بعض الشواطئ . وقد تتسبك رمال هذه الكثبان بمرور الزمن نتيجة لترسيب الحجر بين حباتها فتتحول بالتدريج إلى الحجر الجيري الأوليقي . وهو يتميز بمقدرته الكبيرة على تخزين المياه ، ولذلك فإنه يعتبر مصدرا مهما للمياه الجوفية فى المناطق الساحلية . فعلى طول الساحل الشمالى لصحراء مصر الغربية وشمال ليبيا مثلا يعتمد الأهالى اعتمادا أساسيا فى حياتهم على المياه المخزونة فى طبقات هذا الحجر . وتكون هذه المياه غالبا قريبة من السطح . ويمكن الوصول إليها بحفر آبار تتراوح أعماقها بين مترين وأربعة أمتار .

— ١١٤ —



شكل (٤٠) قوالب للفورامينايرا التي يتكون منها الحجر الطباشيري
كما تبدو تحت المجهر



شكل (٤١) حجر جيرى نوموليتى

الدولوميت Dolomite : وهو صخر جبرى مكون من الخدلاط الجبر (كربونات الكالسيوم) بكربونات المغنسيوم بنسب متعادلة تقريبا . وهو يتكون غالبا في مناطق البحيرات والمستنقعات التى تحتوى مياهها على كربونات المغنسيوم . إذ أن هذه المياه تؤثر على الصخور الجبرية المجاورة لها فتعمل كربونات المغنسيوم محل قسم من كربونات الكالسيوم .

الصخور المرجانية : وهى صخور جبرية صلبة تتكون في بعض البحار المدارية الضحلة بواسطة حيوان المرجان Coral . وهى في جملتها عبارة عن المساكين التى يشترها هذا الحيوان لنفسه من الجبر الذى يستخلصه من ماء البحر . وهى توجد عادة متجمعة في مستعمرات كبيرة تزيد أحجامها بالقدرة مع بقاء مساكن جديدة وبتراكم هياكل الحيوانات المرجانية التى تموت فيها أو حولها . وهذه المستعمرات هى التى تشتهر باسم « الشعاب المرجانية Coral Reefs » .

ويشترط لحياة المرجان عدة شروط أهمها : أن تكون المياه ضحلة بحيث لا يزيد عمقها عن ٥٠ مترا ، وأن تكون دائمة بحيث لا تقل درجة حرارتها عن ٢٠ مائة ، وألا تعمل إلوها من اليابس مياه عذبة مختلطة بالرواسب الطينية . ويعبر البحر الأحمر من أحسن الأمثلة لهذا النوع من البحار . ولذلك فإن سواحله تكتنفها كثير من الشعاب المرجانية ، وهى من الأخطار التى تعرض لها الملاحة أمام هذه السواحل . ومع ذلك فإن أكثر نطاق من الشعاب المرجانية في العالم هو النطاق الذى يبعد لمسافة ١٥٠٠ كيلو متر في غرب المحيط الهادى في اتجاه شمال جنوبي تقريبا بالقرب من السواحل الشمالية الشرقية لآستراليا . وهذا النطاق هو الذى يشتهر باسم « الحاجز المرجاني العظيم Great Barrier Reef » ، ويبلغ عرضه في المتوسط حوالي ١٨ كيلومترا . وقد تكونت في بعض المواضع الضحلة في المحيطين الهادى والهندي

سلاسل من الجزر المرجانية التي تكوّن من الشعاب التي بناها المرجان على حافات بعض الجبال التي توجد فوق قاع المحيط والتي تقترب منها من سطح الماء ، بحيث تتكوّن فوقها مناطق بحرية ضحلة . وتتكوّن من هذه الشعاب حلقات من الجزر التي تتوزع على الأطراف الخارجية لهذه القمم . ويطلق على كل حلقة من هذه الحلقات اسم « الأتول Atoll » ، أي الجزر الحلقية ، وهي تحصر بداخلها مناطق بحرية ضحلة .



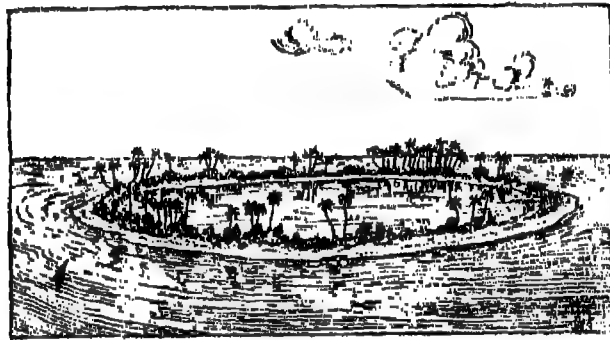
شكل (٤٧) أحد الشعاب المرجانية في البحر الأحمر :

ثانياً - - - الصخور الرملية Sandstones :

لا تقل هذه الصخور أهمية في تركيب القشرة الأرضية من الصخور الجيرية ولكنها تختلف عنها في نوع الرواسب التي كوّنتها ، فبينما تتكوّن الصخور الجيرية عموماً من رواسب بحرية فإن الصخور الرملية تتكوّن من رمال قارية كوارتزية مختلفة من ثغرت الصخور النارية بفعل التجوية ، ومع ذلك فإن تكون الحجر الرملي يلزم له دائماً ترسيب مادة لاصقة بين حبات الرمل ،



شكل (٤٣) تكوين الجدر المرجانية على أطراف قمة جبلية غاطسة



شكل (٤٤) جزر مرجانية حلقية (أول)

مثل كربونات الكلسيوم (الجير) أو أكسيد الحديد أو السيليكا، ويستمد الحجر كثيراً من صفاته من هذه المادة، ولذلك فقد تكونت منه أنواع معينة مثل الحجر الرملى الجبرى Calcareous Sandstone الذى تماسكت رماله بواسطة الجير، والجير الرملى الحديدى Ferruginous S. الذى تماسكت رماله بواسطة أكسيد الحديد، والحجر الرملى السيليكى Siliceous S. الذى تماسكت رماله بواسطة السيليكا. وأقل هذه الأنواع صلابة هو الحجر الرملى الجبرى، أما أشدها صلابة فهو الحجر الرملى الحديدى الذى يأخذ مادة لون

أو كسيد الحديد الأحمر ، ويكوّن منه في مصر الجبل الأحمر ، وهو جبل صغير موجود إلى الشرق من القاهرة . ونظرا لشدة صلابة هذا الحجر فقد يطلق عليه أحيانا اسم « حجر الخرسان » ، وهو يستخدم بكثرة في رصف الطرق وفي صناعة أحجار الطواحين .

من أهم مميزات الصخور الرملية عموما أنها كبيرة المسام ، ولذلك فإنها هي أكثر أنواع الصخور نفاذية للماء (Permeability) وأقدرها على تخزين كميات كبيرة منه . والواقع أن أعظم خزانات المياه الجوفية في العالم توجد في طبقات هذه الصخور . ومع ذلك فإن هذه الصخور تلبان فيها بينها تباينا كبيرا من حيث مقدرتها على نفاذية المياه وتجميعها . وتعرف هذه القدرة بصفة خاصة على حجم الحبات الرملية من ناحية وعلى وجود طبقة صماء تحبها لمنع تسرب مياهها إلى أسفل من ناحية أخرى . وكلما كانت الحبات الرملية كبيرة كان الصخر أكثر نفاذية . وتنقسم الرمال عادة على أساس حجم حباتها إلى ثلاث درجات هي :

١ - الرمال الناعمة Fine ويتراوح قطر حباتها بين ٠.٠٥ و ٠.١٠ ملليمتر .

٢ - الرمال المتوسطة Medium ويتراوح قطر حباتها بين ٠.١٠ و ٠.٧٥ ملليمتر .

٣ - الرمال الخشنة Course ويتراوح قطر حباتها بين ٠.٧٥ و ٣.٥٠ ملليمتر .

ومعنى ذلك أن قطر حبات الرمل عموماً يتراوح بين ٠.٠٥ و ٣.٥٠ ملليمتر فإذا ما قل قطر الحبات عن ٠.٠٥ من الملليمتر فإن الرواسب تعتبر من الرواسب الطينية أو الصلصالية ، وإذا زاد قطرها عن ٣.٥٠ ملليمتر فإنها تدخل في باب الخصى .

ويعتبر الحجر الرملى النوبى Nubian Sandstone من أشهر أنواع الأحجار الرملية وأوسعها انتشارا . وتعد طبقاته تحت سطح الأرض في كل نطاق

المحرقاء الكبرى ونطاق السودان في إفريقيا ، وتواصل امتدادها كذلك في كل البلاد العربية تقريبا في غرب آسيا . وتعتبر هذه الطبقات من أعظم خزانات المياه الجوفية في العالم ، وهي المصدر الذي تستمد منه معظم راحات العالم العرب وعمال إفريقيا المياه اللازمة لحياتهم . ويميز هذا الحجر كذلك بشدة صلابته . وقد تكونت معظم طبقاته في أواخر الزمن الجيولوجي الأول وأوائل الزمن الجيولوجي الثاني .

الصخور الطينية Mudstones :

وهي صخور واسعة الانتشار في مناطق السهول الفيضية والوديان النهرية والبحيرات العذبة القديمة والحديثة ، وأم ما يميزها عن الصخور الرملية أنها دقيقة الحبيبات ، ولا يزيد قطر حبيباتها عموما عن ٠.٠٥ مم (المليمتر) كما سبق أن ذكرنا) . وأشده أنواع الطين Mud (أو الغرين Silt) نومة هو الصلصال الذي لا يزيد قطر حبيباته عن ٠.٠٢ مم (المليمتر) . ونظرا لدقة حبيبات هذه الصخور بالنسبة للصخور الرملية فإنها تكون أكثر منها مسامية More Porous بمعنى أن عدد المسام التي توجد في أي كتلة منها يكون أكبر بكثير من عدد المسام الموجودة في كتلة مساوية لها من الصخور الرملية ، ومع ذلك فإن هذه المسام تكون دقيقة بدرجة لا تسمح للماء أو غيره من السوائل أن ينفذ خلالها أو أن يتجمع فيها ، وعلى هذا الأساس فإن الصخور الطينية تكون عادة عديمة النفاذية حتى أنها تبدو صماء Impermeable بينما تكون الصخور الرملية كبيرة النفاذية Permeable ، على الرغم من أن الصخور الرملية أقل مسامية Less Porous من الصخور الطينية . ونظرا لدقة حبيبات الطين فإنه يمكن أن يتماسك مجرد وقوعه تحت الضغط أو مجرد جفافه إن كان مبالا . والصخور الطينية عموما قليلة الصلابة جدا إذا ما قورنت بمعظم الصخور الرسوبية الأخرى .

وتتضمن المواد الطينية على مركبات من سيليكات الألوميلوم التي تتحلل من معادن الفاسبار (المستعمدة من نفس الصخور) مثل الكوارتز والميكا . وتأخذ المواد الطينية ألواناً مختلفة على حسب نوع الصخور التي استمدت منها وأنواع المواد الأخرى التي تختلط بها ، وقد يميل لونها إلى البياض إذا كانت مختلطة بمواد جيرية ، أو إلى الاحمرار إذا اختلطت بها أكاسيد حديدية ، أو إلى السواد أو الاخضرار إذا اختلطت بها أكاسيد منجنيزية أو مواد نباتية . ومع ذلك ، أو الاستمرار إذا اختلطت بها رمال كوانتزية ناعمة ، والمعروف أن مناطق المتربات الطينية هي أهم مناطق الإنتاج الزراعي في العالم ، ولكنها تلبان فيما بينها على حسب نوع المواد الأخرى التي تختلط بها فتقال أو تزيد من خصوبتها ، ومن أشهر أنواعها التربة السوداء التي تختلط بها كثير من المواد المنسوبة المتجانسة ، والتربة الحمراء التي تختلط بها أكاسيد حديدية ، والتربة الصفراء التي تختلط بها الرمال . والواقع أن اختلاط التربة الطينية بالرمل من الرمال أمر ضروري لتسهيل نفاذ الماء فيها وتسهيل مهمة جريانها ، وتوصف مثل هذه التربة بأنها تربة خفيفة ، أما التربة الطينية التي تخلو من الرمال فتوصف بأنها تربة ثقيلة وتكون فلاحها صعبة نسبياً بسبب شدة تماسكها وعدم نفاذ الماء فيها . وتوجد الصخور الطينية في الطبيعة في طبقات يقبأ بها سمكها على حسب كمية المواد الطينية المترسبة وتغير ظروف الإرساب من وقت إلى آخر ، فإذا ترسبت المواد الطينية بكميات كبيرة خلال فترات طويلة ولم تتغير ظروف الإرساب تغيراً يذكر خلال كل فترة من هذه الفترات فإن الطبقات المتكونة تكون عظيمة السمك ، أما إذا حدث الترسيب في فترات قصيرة فتصل بينها فترات يعرف فيها الإرساب أو إذا كانت ظروف الإرساب كثيرة التغير فإن الطبقات المتكونة تكون عادة رقيقة ، بل إنها قد تكون في بعض الحالات رقيقة جداً بدرجة تجعلها أشبه بالأوراق المتلاصقة . ويتكون منها في هذه

الحالة نوع خاص من الحجر الطيني يطلق عليه اسم الحجر الطيني الورقي أو الصفائحي Shale .

ثالثا - الصخور المتحولة

Metamorphic Rocks

المقصود بهذه الصخور هو الصخور التي كانت في الأصل صخورا نارية أو رسوية ولكنها تعرضت لظروف مختلفة عن الظروف التي نشأت فيها فأعيد تبلورها وتحولت إلى صخور جديدة تختلف في بعض صفاتها الرئيسية (مثل درجة الصلابة وشكل البلورات وتركيبها) عن الصخور الأصلية التي تحولت منها ، بل وكثيرا ما تصنف إليها أثناء عملية التحول مواد معدنية جديدة لم تكن موجودة في الصخر الأصلي .

وأهم العوامل التي تسبب التحول Metamorphism هي الحرارة الشديدة إما بمفردها أو مع الضغط الشديد ، وعلى هذا الأساس ينقسم التحول إلى نوعين رئيسيين هما :

(١) التحول بالحرارة Thermal Metamorphism ، ويحدث نتيجة لتعرض الصخور إلى حرارة شديدة تؤدي إلى انصهارها أو حرقها ثم إعادة تبلورها ، ويحدث هذا عندما تندفع في وسط هذه الصخور كتل نارية مثل الباثوليت واللاكوايت والسدود وقد يؤدي هذا التحول إلى تكون معادن جديدة في الصخر . وخصوصا في أجزائه الملاصقة للكتلة النارية . ويتوقف كمية التحول ودرجته على تركيب الصخر المتحول نفسه وعلى حجم الكتلة النارية المندمجة في وسطه ومدى ما يوجد بها من محاليل ؛ إذ أن وجود مثل هذه المحاليل يساعد على التحول وعلى تكون المعادن الجديدة . وتتميز الصخور التي تتحول بهذه الطريقة بكثير بلوراتها ، ولذلك فإن نسبها يكون

غالباً محبباً ومن أمثلتها الرخام الذي يتحول من الحجر الجيري، والكوارتزيت الذي يتحول من الكوارتز .

٢ - التحول بالحرارة والضغط معا (التحول الأليبي) : إن هذا النوع من التحول أكثر حدوثاً من التحول بالحرارة وحدها ، وهو يحدث في نطاقات واسعة ، ولذلك فإنه يعرف كذلك بالتحول الأليبي . ومع ذلك فإن كمية الصخور المتحولة ودرجة تحولها تتوقف على شدة الحرارة وشدة الضغط اللذين يتعرض لهما الصخور وعلى كمية المياه والمحاليل التي تساعد الصخور على التحول عندما تختلط بها . ويكون التحول بهذه الطريقة غالباً أشد من التحول بالحرارة وحدها لأنه لا يؤدي إلى إعادة بلورة الصخر أو تكوين معادن جديدة فيه فحسب بل يؤدي في نفس الوقت إلى إعادة ترتيب بلوراته وترتيب معادنه في نظام جديد يتفق مع الظروف الجديدة وقد يؤدي أيضاً إلى خروج بعض عناصره ، ولذلك فإن الصخر الذي يتحول بهذه الطريقة يكون غالباً مختلفاً اختلافاً يكاد يكون تاماً عن الصخر الأصلي الذي تحول منه . ويرتبط هذا النوع من التحول بحركات القشرة الأرضية ، ولخصوصاً بحركات الانثناء التي يتعرض بسببها طبقات الصخور للضغط الشديد الذي يؤدي بدوره إلى ارتفاع درجة حرارتها والصمة التالية في الصخور المتحولة بالضغط والحرارة معا هي أن نسيجها يكون صفائحياً بسبب الضغط الذي يؤدي إلى ترتيب البلورات في صفوف وطبقات متوازية تقريباً ومن أهم الصخور المتحولة التي تكونت بهذه الطريقة النيس الذي يتحول غالباً من الصخور النارية ، إلا أنه قد يتحول كذلك من الصخور الرسوبية ، ثم الشيست الذي يتحول من الصخور النارية ، ثم الاردوزا الذي يتحول عادة من الصخور الطينية .

أمثلة للصخور المتحولة المشهورة :

١ - النيس Gneiss : وهو في الغالب متحول من الصخور النارية

وخصوصاً من الجرانيت ، ولكنه قد يكون متحولاً في بعض الأحيان من الصخور الرسوبية ، ويكون تركيبه المعدني مادة متشابهة مع تركيب الصخر الذي تحول منه . ويكون نسيجه خشناً بسبب كبر بلوراته نسبياً ، وتكون هذه البلورات في بعض أنواع هذا الصخر مرتبة في طبقات أو صفوف متصلة أو متقطعة . وقد تكون كل طبقة أو كل صف من الصفوف مكونة من معدن واحد من المعادن التي تدخل في تركيب الصخر ، ففي النيس المتحول من الجرانيت مثلاً قد نجد صفوفاً من الميكا متعاقبة مع صفوفه أخرى من الكوارتز والفلسبار . ويسمى النيس مادة باسم الصخر الذي تحول منه ، أو باسم المعدن السائد فيه ، فهناك مثلاً نيس جرانيت ونيس مسكوفيت (نسبة إلى الميكا السوداء) ، ونيس هورنبلند وهكذا .

الشيبست Schist : وهو يشبه النيس في أنه متحول غالباً من الصخور النارية . وقد اشترك في تحوله عامل الضغط والحرارة الشديدين ، ولكنه يتميز عن النيس بصغر بلوراته التي تكون مرتبة في صفائح متسلسلة يمكن فصل بعضها عن بعض على طول سطوح متوازية . وتوجد من هذا الصخر أنواع يختلف بعضها عن بعض على حسب نوع الصخر الذي تحول منه وعلى حسب المعادن السائدة فيه ، فمنه على سبيل المثال شيبست الميكا وفيه نسود الميكا التي تظهر في صفائح واضحة ذات سطوح متوازية، وشيبست الهورنبلند، وشيبست الجرافيت . وعلى أي حال فإن الصخر يكون مكوناً من أكثر من معدنين من هذه المعادن .

٣- الاردواز Slate : وهو متحول من الصخور الطيية ، ويختلف لونه تبعاً لاختلاف ألوان هذه الصخور ، فمنه الاردواز الأسود وهو النوع الشائع ومنه الاردواز الأحمر والأخضر . وهو مكون من طبقات رقيقة يلتصق بعضها ببعض على طول سطوح متوازية . وهو يلتصق على طول مسطحة السطوح، وبدل ترتيب طبقاته على أن تحوله قد حدث بسبب الحرارة والضغط

مها ، وهو ذو نسيج حبيبي دقيق ، ويمكن استخدامه في أغراض كثيرة مثل صبغة السبورات وألواح الكتابة ونفطية - مخوف الماني في الأقاليم المطيرة .

د - الرخام Marble ، وهو يتحول من الحجر الجيري بسبب الحرارة الشديدة التي يتعرض لها عندما تندفع بين طبقاته مواد جوفية منصهرة . ولذلك فإنه يوجد حول السدود والعتبات والأكويت وغيرها من تكوينات الصخور النارية المدخلة ، حيث يؤدي اندفاع المواد المنصهرة إلى انصهار الصخور الجيرية الملاصقة لها وإلى تبلورها أثناء برودتها ونحوها إلى صخر متبلور جديد هو الرخام . وتكون البلورات مكونة عموما من حبيبات الكلسيت . وقد تكون هذه الحبيبات دقيقة جدا في بعض أنواع الجرانيت بحيث لا تسهل رؤيتها بالعين المجردة بينما تكون في بعضها الآخر كبيرة لدرجة تعطى للصخر نسيجا خشنا . واللون الغالب في الرخام هو اللون المائل إلى البياض إذا كان نقيًا ، ولكنه قد يوجد كذلك بألوان أخرى تميل إلى السواد أو الاخضرار أو الاحمرار إذا ما اختلطت به شوائب ملونة مثل أكاسيد المنجنيز أو الحديد . وهو يشبه الحجر الجيري في أنه يتفاعل مع حامض الهيدروكلوريك ، وتطلق منه فقاعات من ثاني أكسيد الكربون عند حدوث هذا التفاعل .

هـ - الكوارتزيت Quartzite ، وهو يتحول من الحجر الرملي بطريقة مشابهة للطريقة التي يتحول بها الحجر الجيري إلى رخام ، أي نتيجة لاندفاع مواد جوفية منصهرة بين تكويناته ، حيث يؤدي ذلك إلى انصهار الصخر وإعادة تبلوره ، وفي هذه الحالة تتماسك حبات الكوارتز تماسكا شديدا جدا بواسطة السيليكا التي تنسب بينها ، ويكون الصخر لهذا السبب شديد الصلابة جدا ، وإذا حدث فيه كسر فإن الكسر يخترق حبات الكوارتز نفسها بسبب شدة تماسكها ، وذلك بخلاف الصخر الرملي الذي إذا كسر فإن الكسر يتوزع حول هذه الحبات . ويميل الكوارتزيت عادة إلى البياض إلا إذا اختلطت به شوائب ملونة تعطي ألوانا أخرى مثل الأسود والأحمر .

الاهمية الجيومورفولوجية للتركيب الصخري

إن دراسة التركيب الصخري للقشرة تتباين في أهدافها وأساليبها بقدر تباين الأغراض التي تدرس من أجلها ، وهي أغراض كثيرة ومتنوعة ، فعلى الرغم من أن دراستها تعتبر أساسية في كل فروع الجيومولوجيا فإن الجوانب التي يركز عليها الباحث في الجيومولوجيا الاقتصادية تختلف عن الجوانب التي يركز عليها الباحث في الجيومولوجيا التاريخية أو جيولوجية المياه الأرضية . وعلى الرغم من أن الجغرافيين تهتم كذلك بدراسة الصخور فإن الجوانب التي يهتم بها الباحث في جغرافية الثروة المعدنية أو جغرافية البترول تختلف عن الجوانب التي يهتم بها الباحث في الجيومورفولوجيا أو في جغرافية المياه أو جغرافية التربة أو في غير ذلك من الموضوعات المتشعبة التي تتضمنها العلوم الجغرافية .

ولما كانت الجيومورفولوجيا تتم بصفة خاصة بدراسة أشكال التضاريس وماطرأ عليها في الماضي وماطرأ عليها في الحاضر والمستقبل من تغير نتيجة لما تعرضت له وما تعرض له من مؤثرات فإنها تحتاج من غير شك إلى معرفة الطريقة التي يتأثر بها كل نوع من أنواع الصخور إذا تعرض لأي عامل من العوامل التي تؤثر فيه . وقد أوضحنا في دراستنا السابقة أن الصخور تتباين تبايناً كبيراً في خصائصها الطبيعية والكيميائية التي تؤدي إلى اختلاف درجة تأثر كل منها بالعوامل المتشابهة ، سواء في ذلك العوامل الباطنية ومناخية من حركات في القشرة أو العوامل الخارجية التي تشمل على عوامل التجوية وعوامل التعرية . ولذلك فإن تنوع الصخور التي تتكون منها قشرة الأرض قد يمكن في بعض الأحيان هو السهل الأول عن اختلاف المظاهر الجيومورفولوجية لبعض المناطق المتشابهة في ظروفها الأخرى أو حتى في المنطقة الواحدة التي تتكون من صخور متباينة . فمن الثابت مغل أن الحركات

الأرضية التي تعرضت لها القشرة في العمود الجيولوجية المختلفة كانت تؤدي إلى تصدع المناطق المكونة من صخور صلبة من نوع الصخور النارية والمتحولة بينما كانت تؤدي إلى انثناء المناطق المكونة من صخور رسوبية أقل صلابة فتنتج عنها في الحالة الأولى تكوين أشكال تضاريسية من نوع الوديان العمودية والخصاب العمودية (المورست) وغيرها بينما تنتج عنها في الحالة الثانية تكوين جبال انثنائية متباينة الأشكال والأحجام .

وبالمثل التركيب الصخري كذلك أدوارا مهمة في تحديد آثار عوامل التعرية وعوامل التجوية ، فالمعروف مثلا أنه كلما زادت صلابة الصخر زادت قدرته على مقاومة التعرية ، ولذلك فكثيرا ما تبقى تكوينات الصخور الصلبة بارزة بعد أن تزال الرياح أو المياه الجارية أو الجليد أو غيرها من العوامل التكوينية الأيئة الأخرى من حولها . ولكن درجة حرارة الصخر وحدها ليست هي الصفة الوحيدة التي تحدد قدرته على مقاومة عوامل التعرية وعوامل التجوية ، إذ أن هناك صفات أخرى تدخل في تحديد هذه القدرة مثل التركيب المعدني للصخر ووجود بعض مناطق الضعف فيه مثل الشقوق والمفاصل ، والظروف التي يوجد فيها ، فالصخور الجيرية مثلا أقدر على مقاومة التجوية والتعرية في المناخ الجاف منها في المناخ الماطر ، لأنها قابلة للذوبان في مياه الأمطار التي تحمل عند سقوطها بعضا من ثاني أكسيد الكربون من الهواء ، والعكس صحيح بالنسبة للصخور النارية مثل الجرانيت الذي يكون أقدر على مقاومة التعرية في المناخ الرطب منه في المناخ الجاف ، وذلك لأن هذا الصخر سهل التأثر بالتآكل المستمر لبرودة الليل وحرارة النهار ، ولذلك فإنه يكون أقل مقاومة للتجوية والتعرية في هذا المناخ منه في المناخ الماطر . ويمكن للدلالة على ذلك أن رمال الصحاري قد نتجت من تجوية الصخور النارية على طول مئات الآلاف من السنين ، وأن عوامل التعرية هي التي قامت بعد ذلك بتوزيعها على سطح الأرض وعلى تراكبها في بعض المناطق بشكل كتبان أو غطاءات رملية .

الباب الثالث

الماء واليابس

الفصل السابع - نشأة المحيطات والقارات وتطور توزيعها

الفصل الثامن - البحار والمحيطات الحالية

الفصل التاسع - سرقات مياه البحار والمحيطات

الفصل السابع

نشأة المحيطات والقارات وتطور توزيعها

المحيطات والقارات كمرآة من مراقب التضاريس ،

إن كلمة تضاريس Orography أو Relief معناها العام تشمل كل ما على سطح الأرض من ارتفاعات وانخفاضات أي كانت أحجامها وأشكالها . وعلى هذا الأساس فإن كثيرا من الجغرافيين يدخلون القارات والمحيطات ضمن مظاهر التضاريس ويعتبرون أنها هي أكبر المظاهر التضاريسية ، ومنها تدرج هذه المظاهر إلى المظاهر الأصغر فالأصغر حتى تصل إلى أصغر الأشكال التي يمكن أن نجدها في مواضع صغيرة على سطح الأرض ، ومن أمثلتها التجمعات التي تظهر على سطح الرمال أو التجاويف والتقوآت الصغيرة التي توجد على سطح الصخور . ونظراً لهذا التفاوت الكبير بين كل هذه المظاهر والأشكال من حيث أحجامها والعوامل التي ساهمت في نشأتها وتطورها لم يعد من السهل دراستها كلها في باب واحد ، ولذلك فإن الجغرافيين يسمونها عادة إلى ثلاث مراتب هي :

(١) تضاريس المرتبة الأولى ، وتشمل كدل اليابس من ناحية وأحواض المحيطات والبحار الكبرى من ناحية ثانية .

(٢) تضاريس المرتبة الثانية وتشمل المظاهر الرئيسية التي توجد ضمن تضاريس المرتبة الأولى وأهمها الجبال والهضاب والسهول والأحواض النهرية والبحيرات والبحار الداخلية . وهذه المظاهر هي التي قمدها مادة عند الكلام على التضاريس ، ، وتعتبر دراستها من أهم الموضوعات الجغرافية لأنها تعتبر من أهم المظاهر الطبيعية لسطح الأرض فحسب ، بل لأنها

تدخل كذلك بطرق مباشرة وغير مباشرة في كل النواحي الجغرافية الأخرى . سواء منها ما هو طبيعي مثل المناخ والنبات وتصريف المياه ، أو ما هو بشري مثل الإنتاج الزراعي والمواصلات وتوزيع السكان وتخطيط الحدود وغير ذلك من مظاهر الحياة البشرية .

٣) تضاريس المرتبة الثالثة ، وتشمل جميع الأشكال للصغيرة التي توجد في داخل تضاريس المرتبة الثانية بما في ذلك أصغر الأشكال وأدق التفاصيل التي تسببها العوامل البحرية وحركة الرياح أو المياه الجارية أو الجليد ، وهذه الأشكال هي التي يختص بدراستها وتحليلها علم « الجيومورفولوجيا Geomorphology » الذي ظهر في أواخر القرن التاسع عشر ثم أخذ يتطور بسرعة حتى أصبح يحتل في الوقت الحاضر مركزاً مهماً بين العلوم الجغرافية بصفة عامة وعلوم الجغرافيا الطبيعية بصفة خاصة .

وهي الرغم من أن ما يقصده عادة للكلام على « التضاريس » هو تضاريس اليابس فقط ، فليس معنى ذلك أن قيعان البحار والمحيطات خالية من مثل هذه التضاريس ، إذا أنها تحتوي على كثير من المظاهر التضاريسية الكبيرة والصغيرة ، ومن بينها كثير من الأضلاع العميقة والجبال المرتفعة . وكل ما هنالك هو أنها تكون غالباً مغمورة تحت سطح الماء وليست لها علاقات مباشرة بمظاهر الجغرافيا الطبيعية أو البشرية على سطح اليابس وهذا هو ما يبعدها غالباً عن مجال الدراسات الجغرافية في الوقت الحاضر .

بعض محاولات تفسير نشأة المحيطات والقارات

كما أن نشأة الكرة الأرضية ما زالت محلاً للجدل فإن نشأة القارات والمحيطات ما زالت هي الأخرى محلاً لهذا الجدل ، وأهم النظريات التي وردت بهذا الخصوص هي :

١ - النظرية التتراهيدية Tetrahedral Hypothesis : ومعناها النظرية

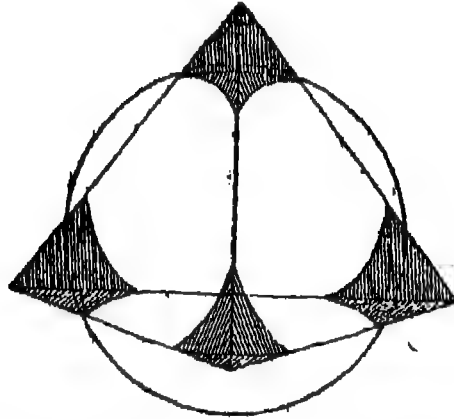
المهرمية ، وصاحبها هو الباحث البريطاني لوثيان جرين Lothian Green الذي

اقترحها سنة ١٨٧٥ وملتصفاً هو أن سطح الكرة الأرضية يتفق في مظهره العام مع شكل هرم ثلاثي قاعدته في الشمال ورأسه في الجنوب وأن القارات تحمل الحافات والأركان البارزة للهرم ، بينما تحمل المحيطات جوانبه المسطحة . وقد أقيمت هذه النظرية عند ظهورها قبولا لدى كثير من الباحثين لأنهم : (١) وجدوا فيها تفسيراً معقولاً للشكل العام الذي تأخذه معظم القارات ، وهو شكل المثلثات التي تقع رؤوسها في الجنوب وقواعدها في الشمال ، وهو ما يبدو واضحاً بصفة خاصة بالنسبة للقارات إفريقيا وأمريكا الجنوبية وأمريكا الشمالية (٢) لأنها تتطابق مع نظرية من النظريات الهندسية المعروفة ، وهي أن النسبة بين مساحة قشرة أى جسم وحجمه تنخفض إلى آخر رقم لها إذا كان هذا الجسم كروياً فإذا ما أخذ حجم هذا الجسم في التناقص لآى سبب من الأسباب مع بقاء مساحة قشرته ثابتة فإن شكله يأخذ في التغير وتزايد تبعاً لذلك النسبة بين مساحة قشرته وحجم جسمه . وآخر شكل يمكن أن يتحول إليه هذا الجسم هو شكل الهرم الثلاثي ، فمن المعروف أن الهرم الثلاثي هو الشكل الهندسي الذي تمثل فيه أعلى نسبة بين مساحة القشرة والحجم . وعلى هذا الأساس يعتقد صاحب النظرية أن حجم الكرة الأرضية ظل يتناقص بسبب البرودة لمدة طويلة بعد أن كانت قشرتها قد بردت ونهت مساحتها تقريباً ، وكان لابد لهذه القشرة أن تتجهد لتتلاءم مع تناقص الحجم وانتهى الأمر بتحويلها إلى ما يشبه الهرم الثلاثي . وبعد أن تكونت المياه على سطح الكرة كان من الطبيعي أن تتجمع فوق الأسطح المنخفضة للهرم فتكونت منها المحيطات بينما ظلت الحافات البارزة جافة وتكونت منها القارات التي كانت متسعة في الشمال بسبب امتدادها مع الحافات الثلاث لقاعدة الهرم وضيقه في الجنوب بسبب تناقص حجم الهرم كلما اتجهنا نحو قمته (أنظر الشكلين ١٥ و ١٦) .

راى لاويرث C. Lepworth ، إن رأى هذا الباحث (البريطاني) يشبه



شكل (٤٨) توزيع اليابس والماء على سطح الكرة الأرضية
على حسب النظرية التيرايدية



شكل (٤٩) العلاقة بين الكرة والمهرم إذا وضع أحدهما داخل الآخر

وأى لوذيان جوين صاحب النظرية التيرايدية من حيث الفكرة المبدئية التي
بنى عليها، وهي أن الأرض كانت في أول أمرها حارة وخبوة ثم أخذت
تبرد بالتدريج، وترتب على ذلك تناقص حجمها وتقلص قشرتها. ولكن
لا ويرث لا يرى مبررا للاعتقاد بأن هذا التقلص أدى إلى إعطاء
القشرة أى شكل هندسي معين وإنما أدى إلى تجدها بغير نظام خاص، كما
يحدث لشجرة التفاح عندما تجف وتتجعد قشرتها. فيفسد الطريقة تجعد قشرة
الأرض فانضغمت أجزاء من سطحها وشغلتها البحار والمحيطات بينما بقيت
الجزء الأخرى مرفقة فتكونت منها القارات.

ويمكننا أن نفهم رأى لا بويرث إذا لاحظنا أن أمثال المحيطات وارتفاعات الجبال لا تمثل في الحقيقة إلا تجمعا بسيطة جدا لو نظرنا إليها بمقاييس الكرة الأرضية، فإذا كان الفرق بين أعلى قمة على اليابس وأعمق بقعة في المحيطات هو ٢٠ كيلومترا تقريبا فإن هذا الفرق يمثل $\frac{1}{170000}$ (أو $\frac{1}{1700000}$) تقريبا من قطر الكرة الأرضية، فلو أننا مثلنا هذه الكرة بدائرة قطرها ٦٣٧٠٠ كيلومتر فإن الخط الذي يمثل محيطها يجب أن يكون سمكة سميكة تقريبا واحدا على الأكثر والمفروض هو أن تكون كل المرتفعات وكل المنخفضات الموجودة على سطح الكرة الأرضية بمثابة بداخله وهكذا فإن النسبة بين تجمعات سطح الأرض وحجمها لا تكاد تختلف في الواقع عن النسبة بين تجمعات الفضاة وحجمها.

واي ذولاس Solias : يختلف رأى هذا الباحث (الفرنسي) اختلافًا جوهريًا عن الرأى السابقين فعلى الرغم من أنه يعتقد معها في أن الكرة الأرضية كانت في أول أمرها رخوة فإنه يرى أن السبب في تجمعها سطحيًا يرجع إلى التباين الضغط الجوي الذي كان واقعا على أجسامها المختلفة عند بدء تكونها . فقد كانت بعض المناطق واقعة تحت ضغط مرتفع وبعضها الآخر تحت ضغط منخفض ، ونظراً لأنها كانت لا تزال رخوة نوعاً ما فقد هبطت المناطق التي وقعت تحت الضغط المرتفع وتكونت منها المحيطات بينما بقيت المناطق التي وقعت تحت الضغط المنخفض مرتفعة وتكونت منها القارات .

والخلاصة أن نشأة القارات والمحيطات ما زالت حتى الآن محلاً للنقاش شأناً في ذلك شأن نشأة الأرض نفسها ، وذلك على الرغم من أن الباحثين اعتدوا في محاولاتهم لتفسير نشأة المحيطات والقارات على حقائق ملموسة مثل شكل السواحل وأعماق المحيطات وأنواع الرواسب التي توجد في هذه الأعماق ومقارنتها بالرواسب القديمة التي توجد على اليابس ، بينما لم تستند النظريات التي تعرضت لتفسير نشأة الأرض إلى حقائق علمية ملموسة من هذا النوع .

مهر المحيطات ومصدر مياهها :

على الرغم من أن العوامل التي أدت إلى تكوين القارات والمحيطات مازالت غير معروفة فإن هناك اتفاقا عاما على أن كليهما كان موجودا منذ أقدم العصور الجيولوجية المعروفة ، فلد ذلك الأبحاث الجيولوجية على أن تكونتات بعض مناطق القارات الحالية تدل بوضوح على أن هذه المناطق كانت دائما أرضا يابسة ولم تغمرها مياه البحار في أى وقت من الأوقات ، وأن تكونتات الامحاق المحيطية التي تزيد على ستة آلاف متر تدل على أن هذه الاعماق كانت دائما نقطة مجيء البحر وانها لم تتحول إلى أرض يابسة في أى عصر من العصور المعروفة وإن كان هذا لا يمنع من أن مياه البحار كانت تغطي في بعض العصور على أجزاء من القارات أو أن بعض الأجزاء المنحلة نسبيا من المحيطات كانت تتحول أحيانا إلى أرض يابسة .

فإذا ما سلمنا بأن المحيطات كانت موجودة منذ أقدم العصور الجيولوجية فإن عمرها يمكن أن يكون هو عمر أقدم صخور القشرة الأرضية ، وتدل الدراسات التي أجريت حتى الآن على أن هذا العمر يبلغ حواله ثلاث آلاف مليون سنة . وقد وجدت بالفعل ضمن هذه الصخور بعض الصخور الرسوبية التي تحتوي على رواسب مائية مثل الحصى ، كما وجدت في بعض الصخور الرسوبية التي تكونت بعد ذلك بحواله ثلثة مليون سنة رواسب مكونة من نباتات أولية من نوع الطحالب *Algae* التي مازالت توجد في مياه البحار حتى الآن ، كما نرى أن بعض الصخور التي تكونت بعد ذلك يوضع مئات الملايين من السنين تحتوي على كائنات عضوية من نوع البكتريا (١) .

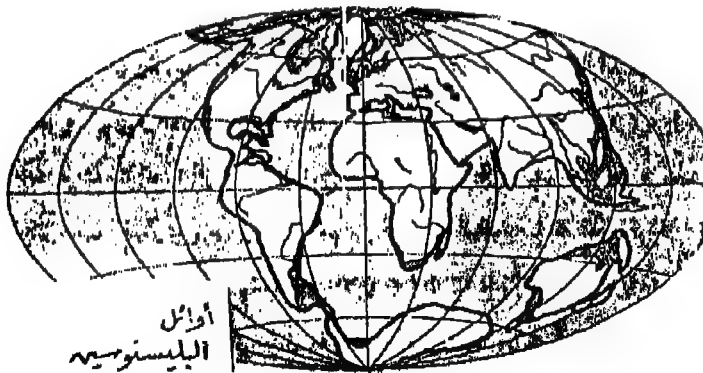
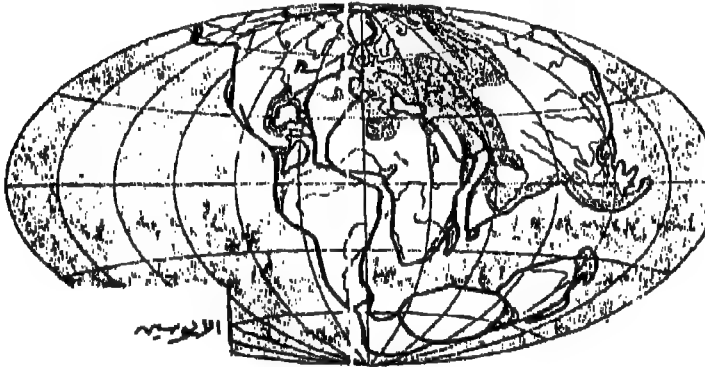
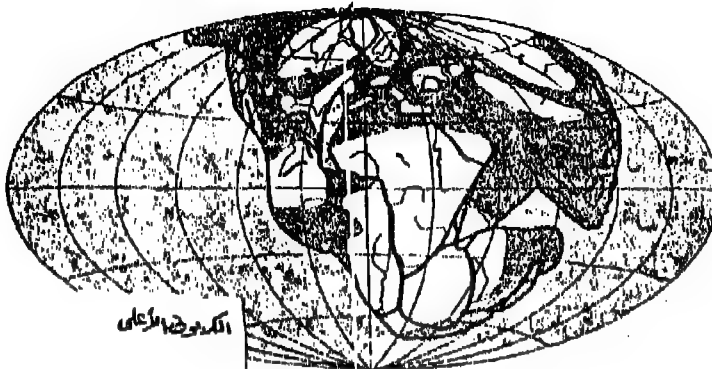
أما من المصدر الذي جاءت منه مياه البحار فهو المياه التي كانت محبوسة في مصفوف باطن الأرض فقد كانت المياه تنطلق بكثرة من هذه المصفوف في المراحل الأولى لبرودة الأرض ، كما كانت كميات كبيرة من المياه تنطلق كذلك عند توران الهراكين التي كانت أعظم نشاطا بكثير في كل العصور الجيولوجية والمصفوف البارييتية منها في الوقت الحاضر . ويقدّر بعض الباحثين أن كمية المياه التي انطلقت من المصفوف وخسرت من التورانات البركانية خلال العمر الطويل للكوكب الأرضية تكفي بسهولة لتكوين كل المياه التي امتلأت بها أحواض البحار والمحيطات (١) .

الزحف القاري

CONTINENTAL DRIFT

على الرغم من أن الياس والماء كانا ، كما ذكرنا ، موجودين جنباً إلى جنب على سطح الكوكب الأرضية منذ أقدم العصور الجيولوجية فإن توزيعها كان يمرض لتغيرات كبيرة خلال بعض العصور نتيجة لعوامل مختلفة من أهمها حر كات الزحف التي يعتقد بعض الباحثين أنها حدثت لكل الياس ، والتي بلغت أشدها أثناء الزمن الجيولوجي الثاني . وكان الباحث الألماني ألفريد أمجنر Alfred Wegener هو أول من تكلم (سنة ١٩٢٢) عن احتمال حدوث مثل هذا الزحف واقترح عندئذ نظريته التي اشتهرت باسم « نظرية الزحف القاري » . وعلى الرغم من أن هذه النظرية لم تصادف قبولا عند بعض الباحثين فإنها ما زالت حتى الآن تحتفظ بمعظم أهميتها ، لأنها تتفق مع الحقائق المعروفة عن تركيب القشرة الأرضية ، كما أنها تستطيع أن تفسر

(١) في المرجع السابق ص ٨٥ .



شكل (٤٧) توزيع الماء واليابس في ثلاثة عصور جيولوجية

بعض أشكال السواحل المتقابلة على جوانب المحيطين الأطلسي والهندي ، وأن تفسر كذلك بعض أوجه التشابه في التركيب الجيولوجي وفي بعض المظاهر الحفرية في بعض المناطق المتقابلة على جانبي هذين المحيطين .

وعلى أساس هذه النظرية يرى فيجنر أن اليابس كله كان «تجمعا» خلال الزمن الجيولوجي الأول في كتلة واحدة أطلق عليها اسم «بانجيا» Pangaea . وقد كانت تضم قرتين رئيسيتين هما قارة جندوانا Gondwana في الجنوب وقارة لوراسيا Laurasia في الشمال . وكانت توجد بداخل هذه الكتلة بحار داخلية من أهمها بحر تيثيس Tethys الذي كان يعد ممرًا بين الشرق والغرب . وكان القسم الأكبر من كتلة بانجيا واقعًا جنوب خط الاستواء حتى أنه كان يبعد حتى القطب الجنوبي . وفي أواسط الزمن الجيولوجي الثاني أخذت قارنا جندوانا ولوراسيا في التمزق نتيجة لحداث سلسلة من الانكسارات على أطرافها ، وبدأت أجزاء كبيرة منها في الزحف بعيدًا عن الكتلتين الأصليتين على طول هذه الانكسارات . وقد سارت حركات الزحف في ثلاثة اتجاهات رئيسية أحدها نحو الشمال والثاني نحو الشرق والثالث نحو الغرب .

أما الزحف نحو الشمال فقد أدى بالتدريج إلى اعتزال معظم اليابس بعيدًا من القطب الجنوبي ، فيما عدا الكتلة التي تكوّن منها القارة القطبية الجنوبية (أنغاركتيكا) فقد كانت هذه القارة جزءًا من جندوانا لاند ولكنها تخلفت في مكانها بعد أن زحفت جندوانا لاند مع بقية اليابس نحو الشمال . وهناك أدلة قوية على حدوث هذا الزحف منها :

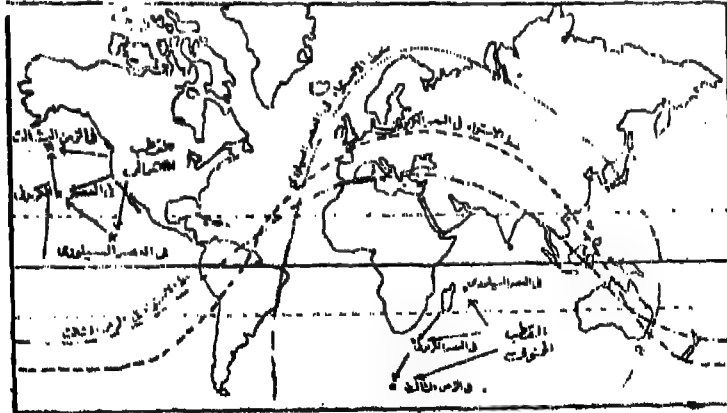
١ - العثور في جنوب أوروبا ووسطها على رواسب قديمة من الأنواع التي لا توجد إلا في الأقاليم الحارة ، ومن أهمها ككويونات من تربة اللاتديت

١ Latorito ، وهي التربة الحمراء التي تتميز بها الاقاليم الاستوائية في الوقت الحاضر .

٢ — العثور في نفس الاقاليم على هياكل وبقايا كثيرة للحبوانات قديمة من الانواع التي لا تعيش إلا في البحر الحار مثل الفيل والحيتان والتمر والأسد وغيرها .

٣ — العثور على كثير من آثار النحت والإرساب الجليدي التي ترجع إلى أواخر الزمن الجيولوجي الأول في جنوب إفريقيا وأستراليا والهند والبرازيل ، وهي المناطق التي انسلخت من « جلدوانا لاند »

ومن الواضح أن وجود مظاهر المناخ المداري في أوروبا ومظاهر المناخ القطبي في جنوب إفريقيا يعتبر دليلاً قوياً على أن اليابس كان أبعد إلى الجنوب منه في الوقت الحاضر حتى أن خط الاستواء كان في ذلك الوقت (أي في أواخر الزمن الجيولوجي الثاني) ، يمر في وسط أوروبا تقريباً ، بينما كان جنوب إفريقيا قريباً من المنطقة القطبية الجنوبية .



شكل (١٨) موقع خط الاستواء والقطبين في بعض العصور الجيولوجية

- ١٣٩ -



شكل (٤٩) إمكانية تطابق السواحل المطلة على المحيط الاطلسي ، ويظهر
الخطابق واضحا بعمق خاصة على ملسوب خط عمق ٥٠٠ متر (المبين بالشرط) ،
وتبين الشرط السميكة المناطق التي كانت القارات ملتصقة عندها ، على حسب
نظرية الزحف القاري .

أما الزحف نحو الشرق فقد أدى إلى انفصال الاجزاء التي كوفت معظم
استراليا وهضبة الدكن وشبه الجزيرة العربية من كتلة جندوانا ، بينما أدى
الزحف نحو الغرب إلى انفصال الكتلة التي تكونت منها أمريكا الجنوبية ، كد
أدى نفس هذا الزحف إلى انفصال الكتلتين ، اللتين كونتا جرينلاند وأمريكا
الشمالية من كتلة لوراسيا ، بينما بقي القسم الأكبر من غارق أ. روبا وآسيا. وبنفس
الطريقة كان القسم الأكبر من جندوانا لاند قد بقي وتكونت منه إفريقيا .
وتتقسم الأدلة التي أوردها فيجيني على حدوث الزحف في هذين
الاتجاهين إلى قسمين ١ :

١ - أن اتجاهات وتعاريف السواحل المتقابلة على جانبي المحيط الاطلسي
وعلى جانبي المحيط الهندي تجعل من الممكن أن تتداخل هذه السواحل بعضها
في بعض بصفة عامة إذا قدر لما أن تترجح لتقابل من جديد ، كما يوحى
بأنها تمثل الجوانب المتقابلة لصدعات طويلة واحدة . ويبدو هذا واضعاً
بصفة خاصة بالنسبة لسواحل شمال شرق أمريكا الجنوبية والسواحل
المقابلة لها على خليج غانة بإفريقيا .

٢ - أن هناك بعض التشابه بين التركيبات الجيولوجية والآثار
الجيومورفولوجية التي ترجع إلى الزمتين الاول والثاني في المناطق المتقابلة
التي تفرض نظرية الزحف الداري أنها كانت أجزاء من جندوانا لاند أو من
لوراسيا . ونستدل على ذلك من أن بعض رواسب الزمن الجيولوجي
الاول في جنوب إفريقيا والبرازيل والهند واستراليا على حفرها لأنواع
خاصة من الدوايق التي لا تستطيع الانفصال عبر مياه البحار . ولذلك فإن
وجودها في هذه المناطق المتباعدة يعتبر دليلاً قوياً على أنها كانت متصلة ببعضها .
ومع ذلك فإن بعض الباحثين مثل هولمز A. Holmes لم يفتنعوا بهذه
الأدلة لعدة أسباب منها :

١ - أن هناك احتمالا كبيرا ألا تكون السواحل الحالية هي نفس السواحل التي كانت موجودة عند بدء حركة الزحف ، لأن تأثيرها عوامل التشكيل الفيزيوغرافية المختلفة خلال مئات الملايين من السنين كما أن كفيلا بتغيير أشكالها.

٢ - أن هناك كتلا ضخمة من السبال (التي تكون منها كتل اليابس) الممتدة فوق قاع المحيط الأطلسي في نطاق طويل من الشمال إلى الجنوب ، فلو فرض رسلنا بصحة نظرية الزحف القاري فمن الممكن أن تكون هذه الكتل مجرد أجزاء متخلقة من الكتل اليابسة التي واصلت زحفها نحو الغرب^(١) ، فلو فرضنا أن الأمر يمكن وجربلاند قد زحفت مرة أخرى نحو أوروبا إفريقيا

(١) يحتمل أن تتكون هذه الكتلة العظيمة من بالبل بقايا أرض يابسة قديمة انحلت منذ زمن بعيد تحت سطح الماء بسبب الحركات الأرضية ، وأن تتكون هذه الأرض هي القارة القديمة التي أطلق عليها بعض علماء الجغرافيا القديمة اسم « قارة أطلانطس Atlantia » ونجد ثبت من دراسة بعض مظاهر التعريف النهرى القديم في ولاية نيو انجلاند بدارق الولايات المتحدة أن هذه المنطقة كانت تحمل إليها من ممرود قديمة أنهار ضخمة جدا من ناحية الشرق ، أى من ناحية المحيط الأطلسي ، وأن معظم رواسب هذه القارية قد جاءت من هذا الاتجاه مما يدل على أنها كانت توجد في هذا المحيط أرض يابسة وقد أطلق بعض الجيولوجيين الأمريكيين على هذه الأرض اسم قارة « أبلاتيس » وقد اختفت هذه القارة تحت سطح الماء نتيجة لتغيرات النحت المستمرة التي نفذت كثيرا من تكويناتها ونحو الغرب بالإضافة إلى بعض الحركات التكتونية التي أدت إلى ميلها وأدت في نفس الوقت إلى ارتفاع إقليم نيو انجلاند فترتب على ذلك انقلاب في نظام التصريف النهرى وأصبحت الأنهار تنصرف نحو الشرق بدلا من انصرافها نحو الغرب ، وهذا ما يدل على احتمال بأن تتكون قارة « أبلاتيس » هي نفسها قارة « أطلانطس » وقد وجدت كذلك في اسكتلندا ، أى على الجانب الشرق للمحيط الأطلسي ، رواسب فيضية وآثار تصريف نهرى قديم كانت أنهاره تأتي من ناحية الغرب ، أى من ناحية المحيط الأطلسي ، ويعتبر هذا دليلا آخر يؤيد فكرة وجود أرض يابسة قديمة في هذا المحيط .

من المرجح أن هذا الزحف سيؤدي إلى انخفاض الكتل الغاطسة وإلى ظهورها بشكل نطاق من اليابس الذي يفصل السواحل المتعاقبة الحالية من بعضها وبناء على هذا فإن يكون هناك عمل الأخذ بمكرة العداد إلى سبقت الإشارة إليها

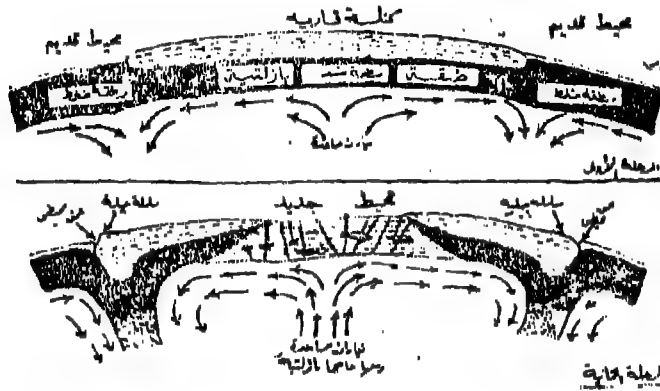
٣ - على الرغم من وجود بعض التشابه في التركيب الجيولوجي والمظاهر الجيومورفولوجية وله بعض البقايا الحفرية بين بعض المناطق المتعاقبة على جانبي المحيط الأطلسي ، فقد تبين أن هناك اختلافا في مظاهر الحركات التكتونية التي أوجدت المرتفعات القديمة على الجانبين ، وأما الحركات التي أوجدت المرتفعات القديمة في بريطانيا وشمال غرب أوروبا والحركات التي أوجدت المرتفعات القديمة المتعاقبة لها في شرق أمريكا الشمالية حيث تبين أن هذه الحركات لم تكن متوافقة تماما مع بعضها .

أسباب الزحف القاري ونظرية التيارات الصاعدة ،

بالإضافة إلى أن الأدلة التي أوردها فيجيجر وأنصاره لتدعيم نظرية الزحف القاري حاول بعض الباحثين أن يجدوا تفسيراً معقولا للجانب الميكانيكي لعملية الزحف نفسها . وترتبط هذه الجانب مشكلةتان رئيسيتان هما - أولا - مشكلة تحديد وضع القارات كجزء من القشرة الأرضية نفسها ، وثانيا - مشكلة تحديد القوة التي يمكنها أن تحرك هذه القارات .

فقيا لهذهم وضع القارات على سطح الكرة الأرضية تعود إلى ما سبق أن ذكرناه من تركيب قشرتها فقد ذكرنا أنها مكونة من طبقتين هما السياح والبطية السفلى وكثافتها من ٣ إلى ٣.٥ ، والساح وهي الطبقة العليا وكثافتها من ٢.٥ إلى ٣.٥ . وتكون القارات والجزر الكبرى من الساح . وهي تسبح فوق السباح كما تسبح جبال الجليد في الماء . ولكن نظرا لأن السباح شديدة

الصلابة جدا فان كل ما يحدث فيها هو نوع من المرونة البسيطة التي تسمح لكامل السائل بالالتصق فيها والتحرك فواتها ولكن ببطء شديد جدا .



شكل (٥٠) نظرية التيارات العادمة

أما عن القوة التي أدت إلى حدوث هذا الزحف فغير مطاها هو انز (١) بحركات التيارات الحرارية التي كانت تعدد من باطن الأرض نحو سطحها في مراحل بدورها الأولى ، فعندما كانت التيارات تصل إلى السطح كان جزء منها ينطلق إلى الجو بينما كان أغلبها يتوزع على الجوانب مسببا قوة شد ضعيفة عند مركز التوزيع . وكانت هذه القوة هي المسئولة عن تصدع السائل وانقسامها إلى كتل منفصلة وقد أخذت كل كتلة منها تتحرك في الاتجاه الذي تفرضه التيارات الموزعة ، وكانت حركتها تستمر ما دامت لم تصادفها أي عبة توقفها . أما إذا تعرضت منطقة ثابتة صلبة مثل قاع أحد المحيطات القديمة أو إحدى الكتل الصلبة الناجمة فانها كانت تتوقف عن الحركة ، وعندئذ كان الضغط الشديد الناتج عن وجود العبة الثابتة في طريقها يؤدي في غالب الأحيان إلى انثنائها وارتفاعها بشكل نطاق جبلي يمتد على طول منطقة الثبات بالعمق ، وقد انتهت في نفس الوقت إلى أسفل لتحتل مكانا أعمق

A. Holmes, "Principles of Physical Geology" Thomas Nelson Ch. 28. London, 1934. (١)

في تكوينات السيلام ، تكون في منطقة النقاء النطاق الجبل بقاعدة المحيط القديم
منطقة بحرية أخرى من باقي أجزائه .

ومن هذا يتضح أن نظرية التيارات المساعدة نحاول أن تفسر عدة ظواهر
في وقت واحد وهي كيفية وصول بعض القارات ، مثل الأمريكتين واستراليا ،
إلى أماكنها الحالية ، وكيفية تكون سلاسل الجبال الانثنائية الكبرى على
طول القارئة بقاعدة المحيط الهادي وهي سلاسل جبال روكي وجبال الإنديز .
كما نحاول في نفس الوقت تفسير الطريقة التي نشأ بها المحيطان الأطلسي
والهندي ، وما يحيطان حديثان نسبيا إذا ما قورنا بالمحيط الهادي .

توزيع الكتل القارية القديمة وعلاقتها بالقارات الحالية

ذكرنا أن اليابس القديم كان حتى قرب نهاية الزمن الجيولوجي الثاني
متجمعا في كتلة واحدة هي كتلة بانجيا التي كانت تقسمها رغم ذلك بحار
داخية أهمها بحر تيثيس ، وأن حركات التمدد والرجحة التي حدثت في
ذلك الزمن قادت إلى انفصال بعض الكتل الصغيرة نسبيا عن الكتل
الكبرى وانفصالها إلى أماكن متباعدة ، وقد توقف زحف كل كتلة من هذه
الكتل في مكان معين نتيجة لاصدامها مع قاعدة محيطية ثابتة شديدة الصلابة
مثل قاعدة المحيط الهادي . وكان للتوزيع الذي حدث لهذه الكتل في
ذلك الزمن هو الأساس الذي توزعت به بعض الكتل القارات الحالية ، حيث أن
كل كتلة من هذه الكتل أصبحت نواة تجددت حولها الرواسب
البحرية وأكثرت منها مرور الزمن طبقات عظيمة السمك ، كما تراكت
فوقها كثير من الرواسب القارية والظنوج البركانية ، ثم أخذت عوامل
التجوية وعوامل التآكل المتعددة تفتت تكويناتها وتعيد توزيعها بأشكال
متباينة ، كما أدت الحركات الأرضية المختلفة إلى انتفاء طبقاتها الصغيرة

وخصوصا طبقات الصخور الجيرية السمكية التي تراكمت على أطرافها وفي
البحار المجاورة لها فنكون منها نطاقات عظيمة من الجبال الانتشائية . وهكذا
ازدادت هذه الكتل نموًا واتساعًا وانصلت الكتل المتجاورة بعضها ببعض
وتكونت نتيجة لكل هذه التطورات كتل القارات الحالية .

وكانت الكتل القارية الأصلية التي انفصلت عن جندوانا لاند ولوراسيا
مكونة من صخور بلورية قديمة شديدة الصلابة معظمها صخور نارية ومعجولة
ترجع إلى الزمن الأركي (أقل الكمبري) وبعضها مكون من صخور رسوبية
شديدة الصلابة تنتمي إلى الزمن الأول . ونظرًا لشدة صلابتها وقوة مقاومتها
للضغط فقد أطلق عليها الجيولوجيون اسم الدروع Shindis ، أو الكتل
الصلبة ، وأمكنهم تحديد مناطقها في القارات الحالية على الرغم من أن معظمها
يختفي حاليًا تحت تكوينات سمكية من صخور معبأة ترجع إلى عصر
جيوولوجية مختامة وأنها محاطة بطبقات سمكية من الصخور الجيرية التي انتقلت
في عصر لاحقة وتكونت منها سلاسل الجبال الانتشائية التي تمتد في نطاقات
عظيمة حول هذه المناطق

وأم الدروع (أو الأرضة) التي بنيت حولها القارات الحالية هي :

أولاً - في أوراسيا ،

١ - الرصيف (أو الدرع) البامبي ، ويشغل معظم سيبيريا ويحده من
الغرب جبال أورال ومن الشرق جبال فرغوبانسان ومن الجنوب نطاقات
الجبال الاشالية الواقعة جنوب بحيرة بيكال .

٢ - الرصيف الروسي ، وهو يشغل قسماً كبيراً من روسيا بين جبال
أورال في الشرق وحوض البحر الباطي في الغرب وجبال القوقاز والكربات
في الجنوب حتى المحيط المتجمد الشمالي في الشمال .

٣ - الدرع البلطى (أو الدرع الفنلندى الاسكندىالى) ، وهو يشغل معظم فنلندة والسويد حيث يخفى تحت طبقات سميككة من الصخور الرسوبية ، ويمتد جزء منه الى ارب روسيا حيث تبدو صخوره فى معظم الأماكن ظاهرة على السطح .

٤ - الرصيف الصبى ، ويشغل مناطق واسعة فى شمال الدين ووسطها وشرقها ، ويخفى صخوره فى أغلب الأماكن تحت تكوينات رسوبية سميككة ، ويمتد هذا الرصيف جنوبا ليشغل كذلك منطقة كبيرة من الهند الصينية .

٥ - هضبة الدكن ، وقد كانت جزءا من قارة جندوانا القديمة ، وهى كتلة محددة تحديدا واضحا بواسطة البحار الجاورة ، وتصلها سول الكنج والسند من جبال هيمالايا الحديثة فى الشمال .

٦ - الدرع العربى ، ويشغل نطاقا عظيما فى شرق شبه الجزيرة العربية وشمالا ووسطها ، وقد كان هو الآخر جزءا من قارة جندوانا القديمة .

ثانيا - فى افريقيا :

باستثناء جبال أطلس الانشائية الحديثة فى شمال غرب إفريقيا ، فإن هذه القارة فى جملتها عبارة من كتلة صلبة قديمة ، يتكون أساسها من صخور بلورية أركية نكسوها فى الغالب تكوينات صخرية حديثة نسبيا . ولكنها تظهر على السطح فى بعض المناطق خصوصا فى نطاق المنحدر الوسطى للقارة . والمعروف أن هذه القارة تمثل القسم الرئيسى من قارة جندوانا . وهى قتل (باستثناء جبال أطلس) هضبة ضخمة واحدة يطلق عليها بعض الجيولوجيين تعبير الهضبة الإفريقية The African Tableland . وقد تعرضت هذه الكتلة خلال العمور الجيولوجية المختلفة للتآكل فى بعض أجزائها خصوصا فى

الوسط حيث برزت القاعدة الصخرية القديمة بشكل هضاب من أهمها الهضاب المحيطة بحوض الكنفرة ، كما تعرضت خلال الزمن الجيولوجي الثالث لبعض حركات التصدع فحدثت بعد ذلك بعض الانحدار الصدمية الكبيرة مثل الأخدود (أو الوادي) الصدمي العظيم Great Rift Valley الذي يمتد من الجنوب إلى الشمال في شرق إفريقيا ، ويواصل امتداده على طول البحر الأحمر وخليج العقبة ونهر الأردن حتى جنوب سوريا

ثالثاً - في الأمريكتين وجرينلاند :

١ - الدرع الكندي (أو اللورنسي) ، وهو يشمل معظم كندا والجزر الواقعة إلى الشمال منها ، كما يمتد في معظم شمال الولايات المتحدة وشرقها ووسطها حيث تمتد تحت التكوينات الرسوبية السبكية للسهول الوسطى وينتهي من ناحية الغرب عند بداية سلاسل جبال روكي ، وقد كان هذا الدرع هو الدواة الرئيسية التي بقيت حولها أمريكا الشمالية .

وتعتبر جرينلاند كتلة صلبة قديمة كذلك . ويمكن اعتبارها امتداداً للدرع الكندي .

٢ - كتلة البرازيل وجيانا ، وهي أحد أجزاء قارة جندوانا القديمة ، ونواصل التكوينات القديمة لهذه الهضبة امتدادها تحت الصخور الرسوبية السبكية في حوض الأمازون حتى قاعدة جبال الأنديز في الغرب ، وهي تعتبر للنواة الأساسية التي بقيت حولها أمريكا الجنوبية .

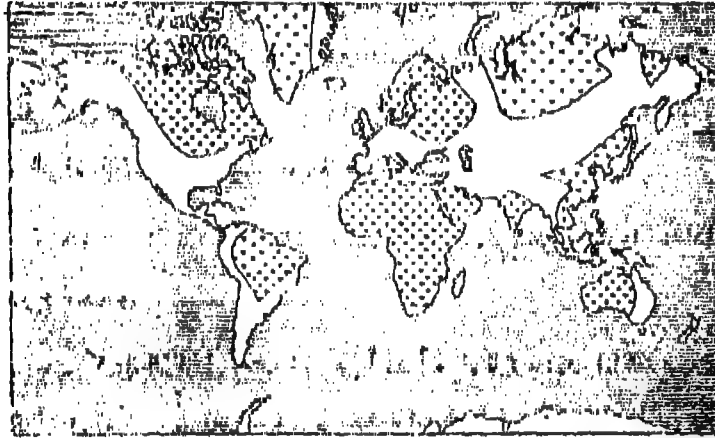
رابعاً - كتلة استراليا :

وهي إحدى الأجزاء التي انقسمت عن قارة جندوانا ، وتشغل في الوقت الحاضر معظم الهضبة الغربية والسهول الوسطى للقارة ، ولكنها انقطعت

ونعبر عما في الممرات الوسطى ، بطبقات رسوبية ضخمة تنتمي إلى مصور
جغولوجية أحدث ، أما الصخور الأصلية فهي صخور نارية وماحولها قديمة
تنتمي إلى زمن ما قبل الكمبري .

خامسا - الكتلة القطبية الجنوبية (القاركتيكا) :

وهي الجزء الذي يخلف من قارة جندوانا وبقي عند القطب الجنوبي بعد
أن زحفت بقية القارة نحو الشمال مع حركة الزحف العامة . وتختفي هذه
الكتلة في الوقت الحاضر تحت طبقات جليدية عظيمة السمك .



شكل (٥١) الكتلة الصلبة القديمة

الفصل الثامن البحار والمحيطات الحالية (فقرة عامة)

ملفوم البحر والمحيط :

إن لفظ « البحار Seas » يستخدم عادة بمعنى العام ليشمل كل البحار والمحيطات التي تغطي سطح الكرة الأرضية . ومع ذلك فإن اللفظ رافيع يستخدمون كلمة « بحر » في معظم الدراسات الانجليزية للدلالة على مناطق بحرية خاصة لمباشرة باليابس . وعلى الرغم من أن أغلب البحار ليست إلا أجزاء من المحيطات أو فروعا منها فإنها تتميز ببعض الصفات التي تجعل لها شخصيات متميزة عن المحيطات الملاصقة لها . وأهم هذه الصفات هي (١) أن تكون غالبا عمدة بواسطة اليابس من أكثر من جهة واحدة أو تكون مقسمة بواسطة أرخبيل من الجزر (٢) أنها قليلة العمق نسبيا حتى أن أغلبها لا يزيد عمقه عن ١٠٠٠ متر بل أن بعضها لا يزيد عمقه عن ٢٠٠ متر ، مثل البحر الأبيض وبحر الشمال وغيرهما من البحار التي تقع بأكثرها فوق الرف القاري وهو المنطقة الضحلة المجاورة لليابس (وسنعود للكلام عليه بعد قليل) (٣) أن مياهها قد تختلف من بعض الوجوه مثل درجة الحرارة ودرجة الملوحة من مياه المحيط على حسب درجة تأثرها باليابس المحيط بها ، وسرعة التغير من مياهها وكثرة ما يمتص فيها من مياه الأمطار التي تسقط فوقها مباشرة أو التي تنصرف إليها بواسطة الأنهار التي تمتص فيها ، فالبحر الأحمر مثلا مياهه أشد ملوحة نسبيا من المحيطات لأنه بحر شبه مغلق ولأنه يقع وسط إقليم صحراوي حار ولا تمتص فيه مياه عذبة تستحق الذكر ، سواء بواسطة الأنهار أو الأمطار المباشرة ، أما البحر الأبيض فهو من ناحية أخرى أقل ملوحة نسبيا

يسبب وقوعه في القليح بارده ، وكثرة الأمطار التي تسقط عليه ، والانهيار التي تصب فيه .

وتتباين البحار (بمعناها الضيق) فيما بينها بآثارها في مساحاتها وأشكالها ومواقعها وأهمها ومقدار ارتباطها باليابس المجاور لها ، ودرجة ملوحة مياهها وحركات هذه المياه بل وفي نشأتها الأولى ، واكمل ذلك فإنه ليس من السهل أن يوضع لها تقسيم شامل تراعى فيه كل هذه النواحي . وكل ما يمكننا عمله هو أن نحدد الناحية التي نريد دراستها ونستخدمها أساساً للتقسيم . وعلى ذلك فإن بعض الجغرافيين يسمونها مثلاً على أساس صلتها باليابس أو بالمحيط إلى ثلاثة أنواع هي :

١ - البحار الهامشية Marginal Seas : وهي البحار التي توجد على أطراف المحيطات وتكون متصلة بها اتصالاً واضحاً عن طريق فتحات واسعة ، ومن أمثلتها بحر الصين الشرقي وبحر اليابان وبحر أندامان وبحر الشمال والبحر الأيرلندي والبحر الكاريبي وبحر بيرنج والبحر المتجمد الشمالي . ولا يختلف المياه في هذه البحار اختلافاً كبيراً عن مياه المحيطات الأصلية .

٢ - البحار المتوسطة Mediterranean Seas ، وهي البحار التي تتوغل في قلب اليابس ولا اتصالها بالمحيطات (أو بالبحار الأكبر منها) إلا مضائق صغيرة ، ولذلك فإنها تتأثر تأثراً واضحاً باليابس المحيط بها ، سواء من حيث طبيعة مياهها وحركاتها أو من حيث الظروف المناخية السائدة فيها ، وقد يؤدي هذا التأثير إلى وجود كثير من الاختلافات بين بعضها وبعض ، أو بينها وبين المحيطات المتصلة بها . وتختلف هذه الاختلافات على ظروف اليابس المحيط بها من ناحية وعلى مقدار صلتها بالمحيطات من ناحية أخرى . ولذلك فإن كلا منها له ظروفه الخاصة به من حيث ملوحة مياهه ودرجة حرارتها وحركاتها وأحواله المناخية ، بل ونوع الحياة الحيوانية التي تسود فيه . وأهم هذه البحار هي : البحر الأبيض

الوسط والبحر الأسود والبحر الأحمر والبحر البلطى والبحر الأبيض الرومى وبعض الجبالان الكبيرة مثل الجاوج العربى وجاموج المكسيك وجاموج هندسن .
٣ - البحار الداخلية : *Endog Seas* : ومن البحار التى توجد بأكلها فى قلب اليابس ولا تربطها بالمحيطات أو البحار المالشية أو البحار المتوسطة أمة عدلة ظاهرة ، وقد تكون بعضها فى أحواض أرضية كبيرة ملأها المياه التى تنصرف إليها من اليابس المحيط بها ، سواء فى ذلك المياه الجارية التى تنحدر على السطح أراقى تنسرب فى طبقات القشرة الأرضية وقد اكتسبت ملوحتها من الأملاح تذويبها المياه التى تنحدر إليها من طبقات القشرة ، وقد تزايدت نسبة الملوحة بها بالتدريج بسبب التبخر المستمر من سطحها وعدم انصراف مياهها إلى الخارج . وبعض هذه البحار يختلف من بحار جيولوجية قديمة احتفظت بمرور الزمن بفعل الحركات الأرضية والإرساب وحلت محلها فى بعض المناطق سلاسل كبيرة من الجبال الانتناكية . والبحار الداخلية قليلة العدد ، وتوجد كلها تقريباً فى آسيا حيث تشمل بحر قزوين وبحر آرال والبحر الميت . ويفضل كثير من الكتاب فى الوقت الحاضر أن يدخلوا هذه البحار ضمن البحيرات .

سيادة البحار والمحيطات على سطح الأرض :

يعتقد بعض الباحثين الكرة الأرضية بأنها هى كوكب المياه ، وذلك لانضغامة الغلاف المائى (الهيدروسفر Hydrosphere) الذى يكسوها ، ويتكون هذا الغلاف بعنفة أساسية من مياه البحار والمحيطات ، فهى تكون وحدها حوالى ٨٦٥ ٪ من حجمه . وتليها المياه الأرضية التى تتجمع فى طبقات الصخور ، وهى تسام بنحو ١٢٧ ٪ من حجمه ، أما الباقى وقدره ١٣ ٪ فيكون أغلبه من المياه المتجمدة التى تكسو المناطق القطبية وبعض قمم الجبال المرتفعة فى العروض المختلفة ، بينما لا تمثل مياه الأنهار والبحيرات والمياه العالية

بالبحر (بشكل بخار أو سحب في أى وقت من الاوقات إلا نسبيا ضئيلة جدا
من هذا الغلاف كما يوضح من الجدول الآتى :

جدول (٣) تركيب الغلاف المائى (١)

مياه البحار والمحيطات	٨٦٥ /	مياه الأنهار والبحيرات	٠.٣ /
المياه الأرضية	١٢٢ /	مياه الغلاف الجوى	٠.٠١ /
القطرات الجليدية	١٣ /		

وتشغل البحار والمحيطات حواله ٣٦١ مليون كيلو متر مربع وهو ما يعادل ٧٠.٨ / من المساحة الكلية لسطح الكرة الأرضية (وهو ٥١٠ مليون كيلو متر مربع) بينما يشغل اليابس حواله ١٤٩ مليون كيلو متر مربع وهو ما يعادل ٢٩.٢ / من مساحة الكرة ، وترتفع نسبة الماء في نصف الكرة الجنوبي عنها في النصف الشمالى ، فى النصف الجنوبي تشغل البحار ٧٥ / من مساحتها ، بينما تشغل ٦٩ / فقط من مساحة النصف الشمالى وتنخفض هذه النسبة بصفة خاصة بين خطى مرض ٤٥° و ٧٠° شمالا حيث نصل إلى ٣٣ / ، وهذا هو النطاق المرضى الوحيد الذى تزيد فيه مساحة اليابس على مساحة الماء . أما أكبر اتساع للبحار على حساب اليابس فيوجد فى النطاق المحصور بين خطى مرض ٤٠° و ٦٥° فى نصف الكرة الجنوبي ، ففيه تحتل البحار ٨١ / من مساحته الكلية .

وبغض النظر من توزيع البحار بالنسبة لخطوط العرض ثابت بعض الجغرافيين قد وجدوا أنه من الممكن تقسيم سطح الكرة الأرضية إلى نصفين أحدهما يضم معظم المياه ويطلق عليها اسم " النصف المائى " ، ويوجد مركزه عند جزر أنتيپودز Antipodes إلى الجنوب الشرقى من نيوزيلانده ، وفيه يوجد ٩٠.٥ / من مجموع مساحة الماء ، والثانى يضم معظم اليابس ويسمى

Poldervaart, "Chemistry of the Earth's Crust" Geological (١)

Soc. of America, Paper ٥2, 1955, P. 121.

« بالنصف القارى » ويوجد مركزه حول مصب نهر اللوار في غرب فرنسا
وفيه يوجد ٨٣ ٪ من مجموع مساحة اليابس .

حدود المحيطات والملاصحات العامة لكل منها :

لم تكن المحيطات المعروفة عن بعضها فعلا تاما في أى عصر من العصور .
بل إنها كانت دائما متصلة ببعضها في نطاقات كبيرة . وقد نتج من ذلك أن
أصبح المنسوب العام لسطح مياهها واحدا في كل مكان ، وهذا هو السبب
في اختيار هذا المنسوب ليكون منسوب الصفر الذى يبدأ منه حساب كل
المرتفعات وكل المنخفضات ، كما أصبح تركيب مياهها واحدا في كل المناطق
إلا في بحار قليلة قد تكون لها ظروف خاصة

ومع أن كل محيط من المحيطات الثلاثة محدد تحديدا واضحا من معظم
الجهات بواسطة ارض يابسة فإن مياهه تختلط من ناحية أو أكثر بمياه المحيط
أو المحيطين المجاورين له على امتداد نطاقات طويلة . ويبدو ذلك واضحا بصفة
خاصة في النطاق المصنوع بين خطى عرض ٤٠° و ٦٥° في نصف الكرة
الجنوبى . وفي هذا النطاق تستخدم خطوط الطول كحدود تقريبية بين
المحيطات . وعلى هذا الأساس فإن خط طول ١٥٠° شرقا يمكن أن يعتبر حدا
تقريبيا بين المحيطين الهندي والمحادى وأن يعتبر خط طول ٣٨° شرقا حدا بين
المحيطين الهندي والأطلسي وخط طول ٦٧° غربا حدا بين المحيطين
الأطلسي والمحادى .

والمحيط المحادى هو أكبر المحيطات مساحة وأشدّها عمقا على الإطلاق ،
فهو يشغل حوالى ٥١ ٪ من المساحة الكلية للمحيطات ، ويبلغ متوسط عمقه
حوالى ٣٩٤٠ مترا ، وهو أكبر من متوسط عمق المحيط الهندي بنحو ١٠٠ متر ،
ومن متوسط عمق المحيط الأطلسي بنحو ٦٣٠ مترا . والسبب في أن متوسط
عمق المحيط الأطلسي أقل من متوسط عمق المحيطين الآخرين هو أن البحار
الهامشية المحيطة التي تدمج به أكثر نسبيا منها فيها ، ومن أهمها حوض المكسيك
والبحر الكاريبي وبحر الشمال والبحر البلطى ، فلو أسا أخرجنا منه هذه البحار

لما نقص عمقه كثيراً عن عمق المحيط الهندي . ويحتوى المحيط الهادى كذلك على أشد أنواع المحيطات عمقا ، وتوجد هذه البقاع فى الأخاديد البحرية الواقعة إلى الشرق من جزر المالين ، وغيره من أزيد العمق من ١١ كيلومترا . ويوجد بوجود الأخاديد العميقة بمحار أقواس من الجدران البحرية من العمقات التى يختص بها هذا المحيط . ويرجع ذلك إلى أن شرق آسيا والجزر المجاورة له قد تعرضت فى عصور جيولوجية حديثة للحركات الانشائية التى أدت إلى ظهور سلاسل جبالية مرتفعة تجاوزها قممات مقعرة شديدة العمق . وما زالت هذه المناطق تكون فى الوقت الحاضر جزءا من النطاق الضعيف الذى يحاصر المحيط الهادى من الشمال والشرق والغرب ، وهو النطاق الذى يشتهر باسم الحلقة النارية .

والبحر الأطلسى هو أطول المحيطات بين الشمال والجنوب ، وذلك لأنه مفتوح من هاتين الناحيتين بحيث يمكن اعتبار البحر المتجهد الشمال امتدادا له ، وهو على هذا الأساس يمتد من القطب الشمال حتى خط عرض ٧٠° جنوبا أى لمسافة ١٦٠ درجة عرضية . ويميز هذا المحيط كذلك بكثرة مياه الأنهار التى تصب فيه من كل القارات المحيطة به .

أما المحيط الهندى فيتميز بأن القسم الأكبر منه موجود فى نصف الكرة الجنوبي وأنه هو أكثر المحيطات تأثرا باليابس بسبب وجوده بين ثلاث قارات ، فهو مقفل تقريبا من ناحية الشمال بواسطة كتلة آسيا الضخمة ، كما أنه مقفل تماما من ناحية الغرب حتى خط عرض ٣٥° جنوبا بواسطة كتلة إفريقيا ، أما من ناحية الشرق فإنه مقفل كذلك ، ولكن بدرجة أقل وضوحا منها فى الشمال والغرب ، بواسطة قارة استراليا والجزر التى تقع بينها وبين آسيا حتى خط عرض ٤٥° جنوبا . وإن التأثير القوى لليابس على هذا المحيط هو السبب فى أن نظام التيارات البحرية ونظام الرياح يتقلبان فى نصفه الشمالي انقلابا تاما بين الصيف والشتاء .

— ١٥٥ —

جدول (٣)

مساحات المحيطات ومتوسطات أعمالها (مع بعارها)

المحيط	المساحة بالكيلو-مترات المربعة	متوسط العمق بالأمتار
المحيط الهادي	١٨٠ مليون	٣٩٤٠
المحيط الأطلسي	١٠٦ »	٢٣١٠
المحيط الهندي	٧٥ »	٣٨٤٠
مجموع مساحة المحيطات	٣٦١ »	
و مساحة اليابس	١٤٩ »	
المجموع	٥١٠ »	(المساحة الكلية لسطح الكرة الأرضية)

تضاريس قاع المحيطات

إن قاع المحيطات ليس مسويا كما يعزى إلينا ، بل إنه يتضمن كثيرا من المظاهر التضاريسية التي لا تختلف من لفظ لفظ لما لفته لنا على اليابس إلا في بعض أشكالها الخارجية وأنواع التكوينات الرسوبية التي نغطيها ، وذلك بسبب اختلاف العوامل التي تؤثر فيها . فبينما تخضع مظاهر التضاريس القارية (بالمرار لتأثير العوامل المتعاقبة للهدم والبناء وهي العوامل التي نشهر باسم عوامل التعرية ، بل والعوامل المدمر والبناء التي يقوم بها الإنسان نفسه فإن تضاريس قاع المحيطات لا تتأثر إلا بحركات المياه وملوحاتها ونوع الكائنات الحية والرواسب التي توجد فيها ، وأهم المظاهر التضاريسية التي يمكن تمييزها على قاع البحار والمحيطات هي :

١ - الرفوف القارية Continental Shelf

٢ - المنحدرات القارية Continental Slopes

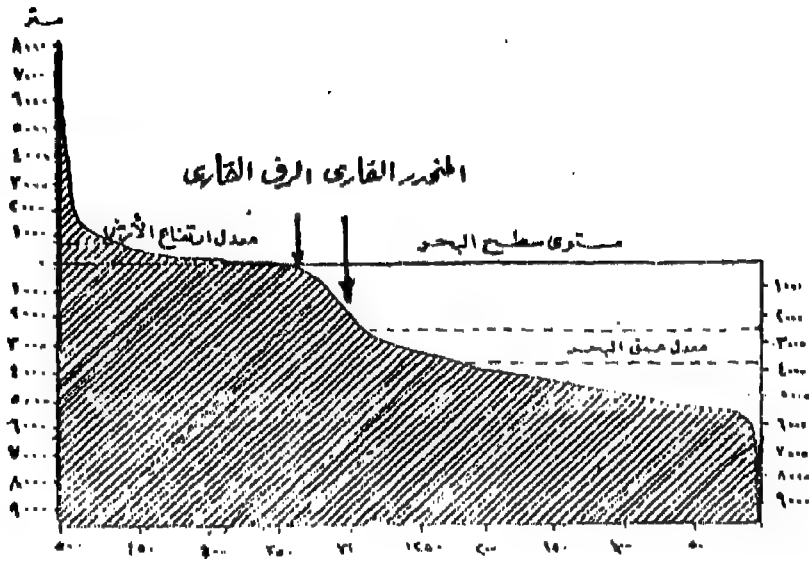
- ٣ - سلاسل الجبال المحيطية Oceanic Ridges .
- ٤ - الخروطات البركانية الغاطسة واسمها الماس Guyots (ولفظها gee-ohs) .
- ٥ - الأخاديد Trenches والأعماق Deep أو Troughs .
- ٦ - السهول العميقة Abyssal plains .

١ - الرفوف القارية Continental Shelves : (شكل ٥٢) هي مناطق الانتقال بين الرصيف القاري Continental Platform والرصيف البحري Marine Platform ^(١) ، وهي تشمل كل المناطق الضحلة المجاورة لليابس مباشرة والتي لا يزيد عمقها على ٢٠٠ متر (١٩٠) فائدة ^(٢) وهي تعتبر في الواقع امتداداً لليابس لأنها أكثر ارتباطاً به من حيث التركيب الجيولوجي منها بقاع المحيط ، ولأنها لم تكن دائماً مغفورة بمياه البحر بل كانت تتحول في كثير من العصور إلى أرض يابسة إما بسبب انخفاض سطح البحار أو ارتفاع سطح اليابس أو بسببهما معاً . وفصلان ذلك فإن الانتقال بينها وبين اليابس يحدث بشكل تدريجي بينما يحدث الانتقال بينها وبين قاع المحيط بشكل سريع حتى أنه يكاد يكون فجائياً في كثير من المناطق ، ويطلق على المنحدر الذي يفصل بينهما اسم المنحدر القاري Continental Slope .

وتقدر المساحة الكلية للرفوف القارية في العالم بحوالي ٢٩ مليون كيلو متر مربع ، وهي تقعد حول كل كتل اليابس تقريباً ، ولكن اتساعها يختلف اختلافاً كبيراً من مكان إلى آخر ، فهي في بعض المناطق تمتد إلى مئات الكيلومترات

(١) المصود بالرصيف القاري هو كل اليابس والمصود بالرصيف البحري هو كل البحار التي يزيد عمقها على ٢٠٠ متر . ومع ذلك فإن بعض الكتاب يستخدمون تعبير « الرصيف القاري » بنفس المعنى الذي يستخدم له تعبير « الرف القاري » . وهو استخدام لن نأسد به هنا .

(٢) الفائدة تعادل ٦ أقدام (١.٨ متر) ، وهي الوحدة التقليدية لقياس الأعماق .



ملايين الكيلومترات مع المساحة
شكل (٥٢) المظهر الميسوفغرافي لسطح الأرض

نحو داخل البحر، كما هي الحال حول سواحل أوروبا. حتى أن البحار الهامشية لهذه القارة مثل البحر الباطلي وبحر الشمال والبحر الأدرياتي تقع كلها على الرف القاري، كما تقع على هذا الرف أيضا كل البحار الداخلية مثل البحر الأسود وبحر قزوين وتوسع الرفوف القارية كذلك حول سواحل شرق الولايات المتحدة وحول جزر إندونيسيا وغيرها من الجزر الواقعة بين شمال استراليا وجنوب شرق آسيا. وقد ثبت أن جميع الرفوف القارية المذكورة كانت في بعض المصور الجيولوجية، وخصوصا في المصور الجيولوجية التي تعود بها الزمن الجيولوجي الرابع (البليستوسين) أرضا يابسة، ففي تلك المصور تحولت مقادير ضخمة من مياه البحار والمحيطات إلى طبقات سمكية من الجايد الذي غطي مساحات شاسعة في أوروبا وأمريكا الشمالية، وترتب على ذلك هبوط منسوب سطح البحر نحو الـ ١٥٠ متراً أو أكثر في بعض المصور.

ولكن هناك في نفس الوقت مناطق كثيرة تضيق فيها الرفوف القارية بشكل ملحوظ حتى أنها تكاد تختفي في بعض هذه المناطق وهي تضيق بصورة خاصة بمحاور السواحل التي نشأت نتيجة الحركات المكسارية مثل سواحل الكوئل الصلبة القديمة مثل كتلة إفريقيا والرازيل والهند أو نتيجة الحركات الانشائية حديثة ، كما تدل على ذلك سلاسل الجبال المرتفعة التي تمتد على طولها ، وأما السواحل الغربية للأمريكتين وبعض سواحل شرق آسيا ، وشرق استراليا . ففي كل هذه المناطق تبدأ الأعماق السحيقة على مسافات قصيرة من الساحل .

وتتميز الرفوف القارية بكثرة الرواسب المتكسكة التي تراكمت على سطحها . وهي تتكون مادة من رواسب خشنة بحوار الشاطئ ثم تتناقص أحجامها كلما توغلنا إلى داخل البحر . والرفوف القارية هي عاليا أغنى مناطق البحار في ثرواتها السمكية لأن الأسماك تنجأ إليها وتتكاثر فيها بسبب كثرة ما ينمو بها من الكائنات العضوية التي يتكون منها البلاكتون ، وذلك لأشعة الشمس تستطيع أن تتساقط فيها حتى القاع تقريبا . وبغلا عن ذلك فإن بعض الرفوف القارية تحتوي على رووات بقولية ومعدنية كبيرة ، كما أن بعض أجزائها المجاورة لليايس مباشرة يمكن تجفيفها واستغلالها للزراعة أو لائى أغراض أخرى . ولكل هذه الأسباب ولأسبابه أخسرى متعلقة بالدفاع والأمن فإن كل الدول التي لها شواطئ بحرية تحرص على أن تتميز للرف القارى الملاصق لها جزءا من أملاكها أو مياهها الإقليمية . وقد عقدت بعض الاتفاقيات الدولية التي تهدف إلى تحديد مثل هذه المناطق وتنظيم المرور والملاحة فيها واستغلال ثرواتها حتى لا يحدث تصادم بين الدول التي لها مصالح مشتركة فيها . ومع ذلك فإن هذه الاتفاقيات لم تمنع حدوث كثير من المصادمات التي نشأت عادة عند استغلال مصائد الأسماك أو الثروات المعدنية .

٢ - المنحدرات القارية Continental Slopes :

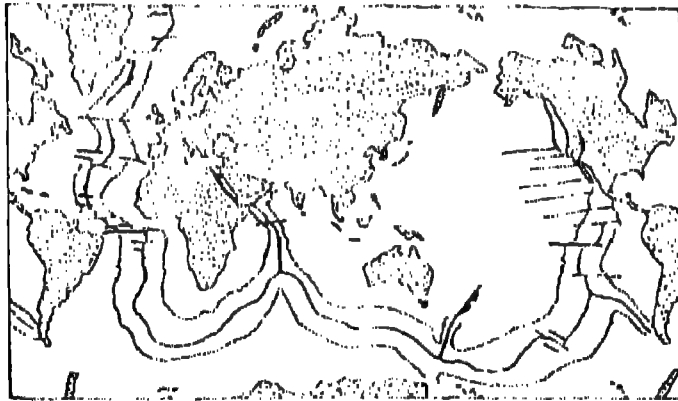
وهي المنحدرات الشديدة التي تلتقي عندها الرفوف القارية من ناحية البحر ، فهي تبدأ على هذا الأساس من خط عمق ٢٠٠ متر وتستمر في انحدارها الشديد حتى تصل إلى العمق السائد في قاع البحر أو المحيط ، وهو عمق يتراوح في ٩٦٪ من البحار والمحيطات بين ٣٠٠٠ و ٦٠٠٠ متر . وتختلف المنحدرات القارية من الرفوف القارية في أن الرواسب المفككة التي تغطيها قليلة . وبأنها أقدم منها في كائنها الحية وثروائها السمكية . وتقطع هذه المنحدرات في بعض الأماكن وديان مغمورة عميقة جوانبها شديدة الانحدار Submarine Canyons . وقد يحصل بعضها امتداده فوق الرف القاري . وقد كان يعتقد هو أن هذه الوديان كانت في الأصل وديانا نهرية ثم طغت عليها مياه البحر ، إلا أن بعض الباحثين يقولون الآن للاعتقاد بأن بعضها على الأقل قد نشأت في المنحدر القاري بواسطة تيارات السحب السفلية التي تصاحب الحركات المائية القوية ، حيث أن هذه التيارات تستطيع بفضل شدة انحدارها وكثرة ما تحملها من مواد صلبة أن تحفر قنوات عميقة في المنحدر القاري (١) . وأشهر واد مغمور في الوقت الحاضر هو الوادي الممتد أمام مصب نهر هدسن في ولاية نيويورك .

٣ - سلاسل الجبال المحيطية Oceanic Ridges :

وهي عبارة عن سلاسل جبالية تمتد تحت سطح الماء لمسافات طويلة ، وتضم كثيرا من المظاهر التضاريسية التي نعرفها على اليابس مثل الوديان والصدوح والهضاب والقمم البركانية . ويوجد من هذه السلاسل نطاق ضخم جدا يمتد في وسط المحيط الاطلسي من جزيرة أيسلندة في الشمال حتى القارة القطبية الجنوبية في الجنوب أي لمسافة ١٥ ألف كيلومتر تقريبا . ويبلغ عرض هذا

النطاق ما بين ١٥٠ و ٧٠٠ كيلومترا . وهو يضم المحيط الاطلسي الى ساوئين كبير ان أحدهما شرق والآخر غرب ، ولا تقل السلاسل الجبلية المكونة له في ضخامتها عن كثير من سلاسل الجبال الكبرى على اليابس مثل جبال روكي ، ولكنها لا تظهر على السطح إلا في منطفون اثنين هما منطقة جور أزوروس في الشمال ومنطقة جور أسانسيون في الجنوب ، حيث أن هذه الجزر عبارة عن القمم البارزة لبعض جبال هذا النطاق . وفيما عدا ذلك فإن كل السلاسل الجبلية تقريبا توجد على عمق يتراوح بين ١٥٠٠ و ٢٧٥٠ مترا تحت سطح الماء ، بينما يبلغ متوسط ارتفاعها فوق القاع حوالي ١٥٠٠ متر .

وليس النطاق الجبلي المذكور إلا قسما من نطاق أعظم منه يمتد في كل المحيطات ، فمن جنوب المحيط الاطلسي تواسل السلاسل الجبلية امتدادها في المحيط الهندي والمحيطات القطبية الجنوبية والمحيط الهادي (شكل ٥٣) ويبدو أن هذا النطاق بأكمله هو أحد نطاقات التصدع الكبرى في



شكل (٥٣) نطاق الجبال المحيطية والصدوع التي تتقاطعها

الخط المتقطع يمثل الحدود الخارجية لنطاق السلاسل الجبلية الى اليابسة ،
والخطوط المتصلة السميكة تمثل الوديان الانكسارية التي تقاطعها طوليا وعموديا .
(Strahler, 1968, P. 382)

قشرة الأرض . ولقد كان من نتائج حركات التصدع على طول أن تكونت سلسلة متصلة من الوديان (أو الأخاديد) الصدعية التي تشقه أطولها على طول محور الأرض الأوسط ، وذلك بالإضافة إلى كثير من الصدوع الصغيرة التي تقطع السلاسل الجبلية في اتجاه مستمر (راجع شكل ٥٣) (١) .

٤ - المخروطات البركانية القاطعة (أو الجباز Guyota وتطلق Gao-ols) (٢):

وهي عبارة عن مخروطات بركانية توجد قديمها على عمق كبير تحت ماء البحر . وهي تتميز بقممها المسطحة الواسعة التي تجعلها أشبه بالهضاب . ويبلغ قطرها عشرات الكيلومترات ، إلا أن بعضها يتميز بقممه المستديرة . ويظهر هذا النوع الأخير مادة بشكل جبال منحدلة ، Seamounts . وقد لوحظ أن السطح العلوي لكثير من الجباز أوز ملاقع بواطة قنوات كثيرة . والغالب هو أن هذه المخروطات كانت ترتفع إلى السطح وأن تحت الموج هو الذي قطنها بهذه الصورة قبل أن تهبط إلى الأعماق التي توجد فيها في الوقت الحاضر .

٥ - الأخاديد والأعماق المحيطية:

الأخاديد المحيطية Trenches عبارة عن وديان طويلة شديدة العمق تقطع قاع المحيطات في أماكن مختلفة . أما الأعماق Deep (أو Troughs) فهي مناطق حوضية شديدة العمق في الأخاديد أو في أي موضع آخر . ويطلق تعبير Deep عادة على الأعماق التي تزيد على ٥٥٠٠ متر تحت سطح البحر ولا تمثل الأخاديد والأعماق إلا نسبة ضئيلة جداً من قاع المحيطات . وعلى الرغم من أن أسباب نشأتها غير معروفة بالضبط فالغالب هو أنها تكونت بسبب

A. N. Strahler, "Physical Geography" 2nd ed. 1968, P. 381 (١)

S. N. Namowitz, Ibid., P. 247.

(٢)

الحركات التكتونية ، ولذلك فإنها توجد غالباً في المناطق التي تأثرت بهذه الحركات، ومن أهمها الحركات الانثنائية الكبرى التي حدثت في شرق آسيا والمحيط الهادئ ، والتي أدت إلى ظهور أقواس الجزر الجبلية التي تمتد من بونغاز بهرنج في الشمال حتى الجزر الاندونيسية في الجنوب، فجزر هذه الأقواس توجد أشد الأخاديد البحرية عمقا في المحيطات ، ومنها أخدود الفلبين الذي يمتد إلى الشرق من هذه الجزر ، والذي يصل العمق في أحد أجزائه وهو عمق سوايار Swire Deep إلى ١٠٨٦٠ مترا . وهو أكبر عمق في كل المحيطات . ويكاد العمق يصل إلى نفس هذا الحد تقريبا في أخدود آخر في الشمال هو أخدود كوريل - كمتشكا . ومن أم الأمخاديد الأخرى في نفس المحيط الأخدود الواقع إلى الشرق من جزر اليابان والأخدود الذي يمتد بشكل قوس كبير حول نطاق الجزر الممتدة إلى الجنوب من اليابان ومنها جزر بونين في الشمال وجزر جوام في الجنوب

أما في المحيط الأطلسي فتوجد معظام الأخاديد في وسط المحيط حيث يمتد أغلبها في وسط للنطاق الجبلي ويسير معه في نفس الاتجاه ، بينما يقطع حده كبير منها في اتجاه متعاكس على امتداده . أما أعمق أجزاء هذا المحيط فتوجد في أخدود بور توريكو الواقع إلى الشرق من جزر بور توريكو ، في غرب المحيط ، وفيه يصل العمق إلى ٩٢٢٥ مترا .

والمتباد هو أن يكون الانتقال سريعا جدا بين أطالي الجبال التي تشغل أقواس الجزر وقاع الأخاديد المجاورة لها بحيث يحدث الانتقال من أعلى الجبال إلى أعمق أجزاء المحيط في مسافات وجيزة .

٦ - السهول العميقة Abyssal Plains :

ينص النظر عن المظاهر التضاريسية السابقة (وكما هي الحال على سطح

(اليابس) فإن مساحات شاسعة من قاع المحيطات عبارة عن سهول تتميز باستواء سطحها تقريبا . وربما يكون بعض هذه السهول قد تكون نتيجة للإرساب المسعمر للمواد الناعمة على طول ملايين السنين وإنتشارها على مساحات واسعة من القاع وتغطيتها للمظاهر التضاريسية الأخرى . ومثل ذلك السهل الواسع الذي تتكون منه مساحة واسعة من قاع المحيط الأطلنسى الشال، والذي يوجد على عمق حوالي ٥٥٠٠ متر تحت سطح البحر . ومع ذلك فتهيرز على سطحه بعض الجبال المنعزلة Seamounts التي ربما كانت عبارة عن مخروطات بركانية قديمة (١) . ويوجد إلى الشال من الحدود بور نوريكوسل عميق من هذا النوع يعرف باسم سهل نهيز العميق Nares Abyssal Plain .

طبيعته مياه البحار

(درجة حرارتها وملوحتها)

الملوحة :

تحتوى مياه البحار على بجمرة من الأملاح المختلفة التي توجد مادة بلسب تابعة تقريبا لى مياه كل المحيطات الكبرى ، ولكنها قد تباين نوعا ما فى البحار المتوسطة والبحار الداخلية على حسب ظروف كل منها ، كما سبق أن أوضحناه ونحسب درجة الملوحة عادة بمقدار وزن الأملاح التي توجد فى كل ١٠٠٠ جرام (كيلو جرام واحد) من الماء محسوبا بالجرامات . وقد حسب متوسط درجة الملوحة فى البحار والمحيطات فوجد أنه يتراوح فى معظمها بين ٣٧.٣٣ فى الألف . ومع ذلك فإن هذه النسبة تزيد على ذلك فى بعض البحار المدارية التي يكثر التبخر من سطحها ولا تصل إليها مياه عذبة تكفى لتعويض هذا التبخر مثل البحر الأحمر الذي تصل درجة ملوحة مياهه إلى ٤١ فى الألف . وكلما

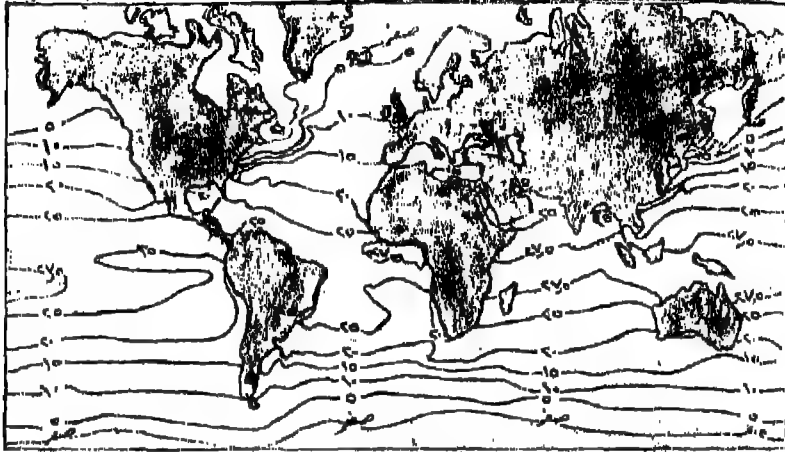
زادت درجة ملوحة المياه زادت كثافتها . وأشد مياه البحار في العالم ملوحة هي مياه البحر الميت ، وتبلغ درجة ملوحها حوالي ٢٧٥ في الألف ، ولهذا السبب فإن كثافتها مرتفعة بدرجة تجعل من الصعب على معظم الأجسام الحية أن تنفوس فيها . وبغلا من ذلك فإن ارتفاع درجة ملوحة المياه يؤدي إلى انخفاض درجة تجمدها . ولذلك فإن مثل هذه المياه قد تظل سائلة في درجات أقل من درجة الصفر المئوي .

وأم الأملاح التي توجد في مياه البحار هي كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) ، في المياه التي تبلغ درجة ملوحها ٣٥ في الألف مثلا يوجد حوالي ٢٧٥٢ جراما من كلوريد الصوديوم و ٣٥٨ جراما من كلوريد المغنيسيوم و ١٥٢٦ من سلفات المغنيسيوم و ١١٢٦ من سلفات الكالسيوم و ٥٨٦ من سلفات البوتاسيوم ، وحوال ١١٢ من كربونات الكالسيوم وأقل من ٥١ من الجرام من بروميد المغنيسيوم ، وذلك في كل كيلو جرام من الماء .

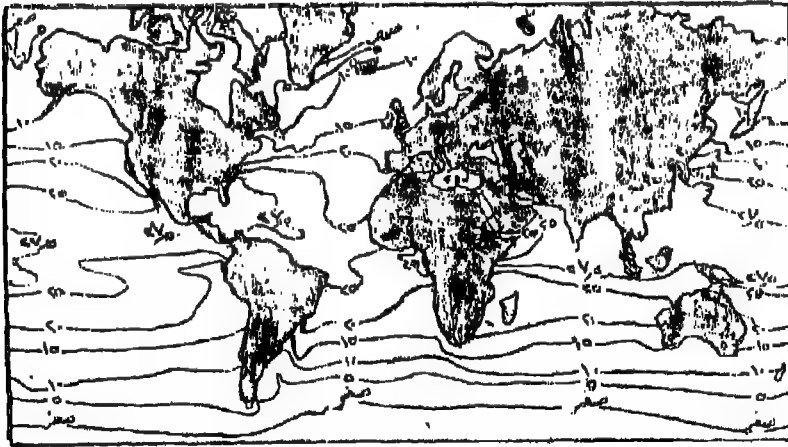
✧ درجة حرارة مياهها :

تتميز المياه عموما بأن درجة حرارتها لا تتغير بالسرعة التي تتغير بها درجة حرارة الأجسام الصلبة، فهي عبارة أخرى تسخن ببطء وتبرد ببطء، وهذه حقيقة علمية معروفة . وسببها هو أن الحرارة النوعية للماء مرتفعة نسبيا^(١) . وهذا معناه أن الماء يحتاج مادة إلى كمية من الحرارة أكبر من الكمية التي يحتاج إليها حجم مساو له من اليابس لكي ترتفع درجة حرارة كل منها بنفس النسبة، ومعناه أيضا أن البحار تستطيع أن تفقد كميات كبيرة من الحرارة دون أن ترتفع درجة حرارتها ارتفاعا كبيرا ، كما أنها تستطيع أن تفقد كميات منها

(١) الحرارة النوعية هي الحرارة التي تلزم لرفع درجة حرارة جرام واحد من المادة درجة مئوية واحدة .



شكل (٥٤) معدلات درجة حرارة سطح مياه البحار في شهر أغسطس



شكل (٤٨) معدلات درجة حرارة سطح مياه البحار في شهر إبريل

كذلك دون أن تنخفض درجة حرارتها انخفاضاً كبيراً كذلك . ولهذا السبب نجد أن الفرق في الحرارة الكبيرة التي تظهر على اليابس لا يوجد لها نظير في البحار، فبينما ترتفع درجة الحرارة في بعض أيام الصيف في الصحارى المدارية إلى 50° مئوية وتنخفض في بعض أيام الشتاء في بعض الأصداع القطبية الباردة من سيبيريا إلى 70° مئوية فإن مياه البحار يندر أن ترتفع درجة حرارتها عن 30° م أو تنخفض عن 2° م .

ونظراً لأن مياه البحار في حركة مستمرة فإن الحرارة التي تنصهر من أشعة الشمس لا تقتصر تأثيرها على المياه السطحية في منطقة امتصاصها وحدها بل إن هذه الحرارة تختلط بطبقة سميككة من المياه كما أنها تنتقل من مناطق امتصاصها إلى مناطق أخرى بعيدة عنها بمئات الكيلو مترات بواسطة التيارات البحرية . ولكن يلاحظ أن هذه الحرارة لا تصل غالباً إلى الأعماق الكبيرة التي لا تتأثر بمحركات المياه ، ولخصوصاً في الأعماق السحيقة من المحيطات الكبرى ، ولذلك فإن مياه هذه الأعماق تكون دائماً باردة ، وتزداد درجة حرارتها غالباً بين درجتين وأربع درجات مئوية ، فضلاً عن ذلك فإن الحرارة التي يكتسبها سطح البحر من العروض الحارة لا يقتصر تأثيرها على مياه هذه العروض أو على مناخ سواحلها وإنما تنقل بعض حرارتها بواسطة التيارات البحرية المعروفة إلى المناطق التي تمر بها والتي قد يبعد بعضها عن المناطق التي اكتسبت فيها الحرارة بآلاف الكيلو مترات .

والخلاصة أن مياه البحار تلعب دوراً مهماً في تنظيم الحرارة وعلى تلطيف الجو ، كما أنها تساعد على نقل الحرارة من مكان إلى آخر على طول السواحل ، فتساعد بذلك على تدفئة بعض سواحل الأقاليم الباردة وعلى تلطيف حرارة سواحل بعض الأقاليم الحارة .

الفصل التاسع

حركات مياه البحار والمحيطات

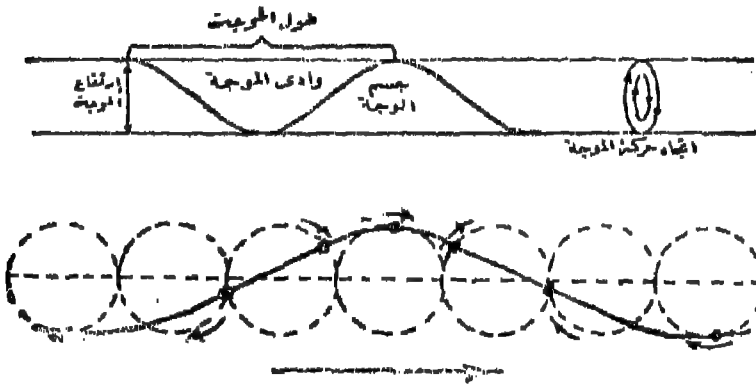
(الأمواج - المد والجزر - التيارات البحرية)

اولا - الامواج WAVES

الأمواج هي حركات رأسية تنتقل بها جزيئات الماء إلى أعلى وإلى أسفل بشكل متوازي . وهي تتباين في أحجامها وفي شدتها تباعدا كبيرا على حسب قوة العوامل التي تسببها وحجم المياه التي تحدث فيها ، فهي تتراوح بين التموجات البسيطة التي تسببها حركة الهواء فوق سطح المياه الهادئة أو التي تسببها سقوط جسم صلب في هذه المياه إلى الأمواج العاتية التي ترتفع إلى عدة أمتار وتؤدي أحيانا إلى غرق السفن بل وإلى غرق بعض البلاد الساحلية . ولكل موجة من الموجات سرعة انتشار معينة وسرعة تردد معينة كذلك ، كما أن لكل موجة طول معين وارتفاع معين كذلك . والمقصود بطول الموجة هو المسافة بين قمتي أو بين قاعتي موجتين متجاورتين ، أما المقصود بارتفاعها فهو المسافة بين قمتها وقاعها . وكثيرا ما تختلط أو تتداخل أنواع متباينة الأحجام من الأمواج في نفس المنطقة فتعطي سطح البحر مظهرا معقدا ، ويحدث هذا عادة إذا تقابلت الموجات القادمة من اتجاهات مختلفة .

وهناك نوعان من الأمواج أحدهما ينشأ في البحار والمحيطات بعيدا عن الشاطئ ، وسببه هو هبوب الرياح من اتجاه واحد مما يؤدي إلى اهتزاز المياه في حركة رأسية ، ويطلق على هذا النوع اسم « الموجات الاهتزازية » ، Waves of Oscillation ، أما النوع الثاني فيكون بالقرب من الشاطئ . ويطلق عليه اسم « موجات الارتظام » Waves of Translation ، وهي في الأصل

موجات اهتزازية ولكنها تنكسر عندما تدخل المياه الشاطئية المنطقة الضحلة وترتطم بالشاطئ . ويوقف حجم الموجات الاهتزازية وسرعة ترددها على سرعة الرياح من جهة واتساع المسطحات المائية التي تتكون فيها من جهة أخرى ، فبينما قد يصل طول الموجة في المحيط إلى ١٦٠ متراً ويصل ارتفاعها إلى ٨ أمتار فإن طولها في البحار المغلقة أو شبه المغلقة مثل البحر المتوسط لا يزيد عن عشرين متراً ولا يزيد ارتفاعها عن سعة أمتار .



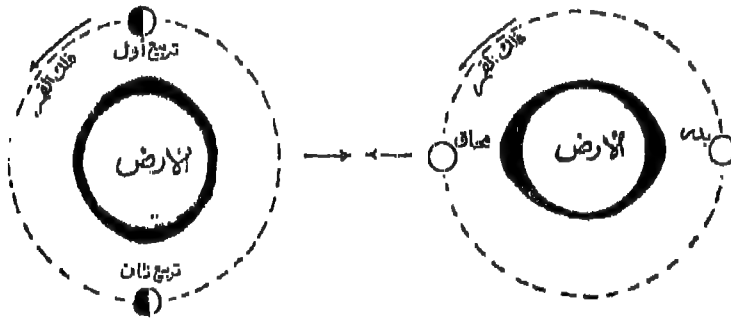
شكل (٥٦) حركة الأمواج

ويمكن أن ندخل في الأمواج كذلك موجات التسونامي ' Tsunamis ' التي تنشأ بسبب حدوث الزلازل تحت قاع البحر أو بالقرب منه ، وهي موجات مائية يزيد ارتفاعها على عشرين متراً ، وقد يقرب عليها غرق بعض البلاد الساحلية وحدوث خسائر مادية وبشرية جسيمة .

وللأمواج أهمية جغرافية واضحة بسبب تدخلها القوي في تشكيل السواحل ولحوت صخورها وتوزيع المواد الرسوبية المختلفة على طولها ، أو حزام إلى داخل البحر . وهو العامل الرئيسي في نشأة كثير من المظاهر الجيومورفولوجية الساحلية مثل الكهوف الشاطئية والمسلات البحرية والافواص البحرية وغيرها .

ثانياً — المد والجزر TIDES

المد High Tide والجزر Low Tide هما حركتنا ارتفاع وانخفاض ماء البحر أمام معظم سواحل البحار والمحيطات بتتابع يومي منتظم يتكرر فيه كل منها مرتين . ولكن على الرغم من أن الفترات التي تفصل بين المد والجزر الذي يليه ، أو بين المدين أو الجزرين اللذين يحدثان خلال اليوم الواحد تكون واحدة تقريباً من يوم إلى آخر فإن أوقات حدوثها تتأخر يوماً بعد يوم دقيقة خلال الشهر العربي ، وهي نفس المدة التي يتأخر بها ظهور القمر كل ليلة منذ مولده في أول الشهر حتى اختفائه في آخره .



شكل (٤٧) المد High Tide والجزر Low Tide

السهمان اللذان في وسط الشكل يدلان على اتجاه جاذبية الشمس

١ — جاذبية القمر ، وهي أهم العوامل على الإطلاق . وقد اكتشفها العلماء منذ زمن بعيد ، واستطاعوا فعلاً أن يلاحظوا العلاقة القوية بين حدوث المد والجزر وبين تغير أوجه القمر . وقد أثبتت الدراسات الحديثة أن هذه العلاقة موجودة بالفعل وأن جاذبية القمر هي المسؤولة أولاً عن حدوث هذه الظاهرة ، ولكنها أثبتت كذلك أن هناك عوامل أخرى مساعدة تتحكم في توقيت حدوثها وفي تحديد مدى ارتفاع المد أو هبوط الجزر على طول أيام الشهر العربي . وأهم هذه العوامل المساعدة هي الآتية :

٢ - جاذبية الشمس ، ولكن تأثيرها أضعف بكثير من تأثير جاذبية القمر بسبب البعد الشاسع بين الأرض والشمس ، ولا يظهر هذا التأثير بوضوح إلا عندما تكون الشمس والأرض والقمر واقعة في مسعوى واحد ، وعندئذ تتعاون الجاذبية الشمسية مع جاذبية القمر على زيادة ارتفاع المد وزيادة انخفاض الجزر لأن اتجاه الجاذبتين يكون واحداً ، ويحدث هذا مرتين في الشهر العربي أحدهما في منتصفه والثانية في آخره ، أي عندما يكون القمر بديراً أو محاقاً ، وعندئذ يصل المد إلى أعلى مستوى له وينخفض الجزر إلى أدنى مستوى له . و يطلق عليها في هذه الحالة اسم المد أو الجزر الرئيسي Spring Tide أما عندما يكون القمر تربيعاً فإن اتجاه جاذبية الشمس يكون عمودياً على اتجاه جاذبية القمر فيضعف تأثيره ويكون المد والجزر عندئذ ضعيفين . و يطلق عليها في الحالة تعبير « المد أو الجزر المحاق Neap Tide » شكل (٥٧) .

٣ - دوران القمر حول الأرض ، وهذا العامل هو المسؤول عن تأخر ميعاد حدوث المد والجزر بنحو ٥٢ دقيقة كل يوم عن اليوم السابق له ، فلو تصورنا أن البحار تحيط بالكرة الأرضية إحاطة تامة ، وأن القمر ثابت في موضع واحد فإن ذلك سيؤدي إلى حدوث موجتين متساويتين من المد العالي على المكان الواحد في ٢٤ ساعة وهي المدة اللازمة لانقلاب أى نقطة من الجانب المواجه للقمر إلى الجانب المقابل له ، ولكن بما أن القمر يدور حول الأرض مرة كل ٢٩ يوماً مروه على النقطة الواحدة يتأخر ٥٢ دقيقة يومياً :

٤ - قوة الطرد المركزية لدوران الأرض ، حيث أنها تساعد على ارتفاع المد .
٥ - توزيع الماء واليابس وتحرك المياه ، وهذا العامل هو المسؤول عن اختلاف مدي المد والجزر من مكان إلى آخر على سطح الأرض ، فلو كانت البحار تحيط بالأرض إحاطة تامة لكان من الممكن تحديد ارتفاع المد ومدته في

أى نقطة على سطحها بسهولة على أساس قوة جذب القمر وقوة الطرد المركزي
للمرض ، ولكن نظراً لأن البحار تختلط باليابس ولأن ديامها دائمة الحركة
فإن ارتفاع المد يختلف من بحر إلى آخر ويحتاج حسابه إلى بعض العمليات
المعقدة أرباباً ، فكل بعض الأماكن يصل ارتفاع المد إلى حوالي ١٩ متراً
أولاً بقل هو : ككثيراً أو يطفئ في بعضها الآخر . ومن الأماكن التي تشتهر
بارتفاع المد فيها نذكر على سبيل المثال خليج فولدي Bay of Fundy في
شبه جزيرة نوفاسكوشيا بكندا وفيه يبلغ ارتفاع المد ١٩.٦ متراً ومصيب
نهر سوفيرون Severn بالمثل وفيه يبلغ ١٦.٨ متراً ، وساحل جران فيل
Grand Villa في شمال فرنسا وفيه يبلغ ١٦.١ متراً . ويلاحظ عموماً أن
ارتفاع المد يكون كبيراً بصفة خاصة في مداخل الأنهار . مثل سيفرون في
البحر ، فمدتها يرتفع المد إلى درجة كبيرة بسبب تقابل المياه المقدمة من
البحر مع المياه القادمة من النهر ، ويغير البحر المتوسط من ناحية أخرى من
أقل البحار تأثراً بالمد حيث لا يكاد يرتفع المد فيه عن ١.٤ من المتر في المتوسط
وقد كان ذلك من أهم العوامل التي ساعدت كثيراً من الأنهار التي تصب في هذا
البحر مثل نهر النيل ونهر الرون ونهر البو على تكوين دلتا لها .

ويعتبر المد والجزر من العوامل التي لها أهمية بالغة في توزيع الرواسب
والكائنات الحية الدقيقة والبلاكتون (١) على طول السواحل التي تغايرها
كما أن لها علاقة كبيرة بنظام حياة الأسماك وحركتها ، ومن الواضح أنها
تؤثر كذلك على نظام الحركة في الموانئ التي تعرض لها ، ولذلك فأنه
يخطأ هذه الموانئ وتوزيع منشأها تراعى فيه دائماً الآثار الناجمة عن
حركات المد والجزر .

(١) البلاكتون هو المواد العذوية التي تنفذ عليها الأسماك .

وأخيراً يلاحظ أنه على الرغم من أن حركة المد والجزر في البحر المتوسط ضعيفة جداً فإنها تكون قوية نسبياً في مواضع قليلة مثل خليج قابس حيث يصل الفرق بين مستوى المد ومستوى الجزر إلى مترين ، وعند جبل طارق حيث يصل إلى ١٠٢ متر ، وفيها عند ذلك يذكر أن يزيد هذا الفرق على نصف متر ، في جنوة مثلاً يبلغ ٣٠ متر فقط وأمام جزيرة كورفو ٧ سنتيمترات فقط . وهذه الظاهرة تعبر عن العوامل التي ساعدت كثيراً من الأنهار التي تصب في هذا البحر مثل النيل والرون والبو على تكوين دالات لها .

ثالثاً — التيارات البحرية

OCEAN CURRENTS

أسبابها ونظامها العام ،

التيارات البحرية عبارة عن مسيرات منتظمة للمياه السطحية المحيطات وبعض البحار الكبيرة ، ويمتد بعضها تحريك قطاعات من هذه المياه بطريقة مشابهة لحركة مياه الأنهار البعيدة البراءة ، وهي تأخذ في مسيراتها اتجاهات معروفة تفرضها عوامل مختلفة أهمها اتجاه الرياح ودوران الأرض حول نفسها وشكل السواحل . وهذه التيارات آثار مناخية هامة تختلف باختلاف طبيعتها ، فهي إما أن تكون دافئة فتعمل على تدفئة السواحل التي يمر بها ، وإما أن تكون باردة فتعمل على خفض درجة حرارتها .

وتلش التيارات البحرية بنظامها المعروف نتيجة لعدة عوامل منها الرياح الهامة التي تعتبر في الواقع أهم العوامل على الإطلاق ، وإلى جانبها توجد عوامل أخرى تساعد على تحريك المياه أو توجيهها بشكل خاص ، ومنها اختلاف درجة حرارة المياه وكثافتها من مكان إلى آخر ، ثم اختلاف المنسوب الماء في بعض البحار المتجاورة ، نتيجة لكثرة التبخر من سطح الماء في بعضها وكثرة ما ينصب في بعضها الآخر من مياه الأنهار والأمطار والثلوج

المنصهرة ، ويعتبر شكل السواحل كذلك من العوامل المهمة التي تحدد الاتجاهات التي تسير فيها بعض التيارات البحرية ، كما سنبين عند دراسة للتيارات في المحيطات المختلفة ، كما أن حركة الأرض حول نفسها تعمل باستمرار على انحراف التيارات البحرية بطريقة مشابهة لانحراف الرياح حسب قانون فكل ، ومعنى ذلك أن التيارات تنحرف قليلاً إلى يمين هدفها في نصف الكرة الشمالى وإلى يساره في نصفها الجنوبي ، اللهم إلا إذا اضطرت بسبب شكل السواحل إلى أن تأخذ اتجاهات معينة .

ويمكننا أن نبين مدى تحكم الرياح العامة في نظام التيارات البحرية إذا ما قلنا خريطتي توزيع كل منها في العالم ، حيث نرى أن هناك توافداً شديداً بينهما ، ولعل وضوح هذه الحقيقة يبدأ مثلاً بتتبع الرياح التجارية ما بين خطي عرض ١٠° و ٢٠° في نصف الكرة الشمالى والجنوبى على أحد المحيطين الأطلسى أو الهادى أننا سنلاحظ أن هذه الرياح تدفع أمامها الطبقة السطحية من مياه الاجزاء الشرقية للمحيط على شكل تيارين مائمين يتجهان نحو خط الاستواء من الشمال ومن الجنوب ، ونظراً لأن هذين التيارين ينتقلان إلى مناطق أشد حرارة من المناطق التي باتيان منها فإن مياهها تبدو باردة نسبياً ، ولذلك فإنها تساعد على تطايف درجة حرارة السواحل التي تمر بموارها .

وعندما يصل هذان التياران إلى قرب خط الاستواء يتغيران اتجاههما ويأخذان في العكس نحو الغرب فيتكون منهما تياران موازيان لخط الاستواء وهما التيار الاستوائى الشمالى والتيار الاستوائى الجنوبى . وتكون مياههما قليلة الحرارة في أول الأمر ولكنها تسخن تدريجياً بسبب شدة الحرارة في هذه العروض ، وعندما يقابل هذان التياران الساحل الغربى للمحيط يتجه الأول منها نحو الشمال بينما يتجه الثانى نحو الجنوب ونظراً لأن مياههما تكون حارة فأنهما تعمل على تدفئة السواحل التي تمر بها ، ويستمر هذان التياران في جريتهما نحو الشمال ونحو الجنوب حتى خط عرض ٤٠° أو ٥٠° تقريباً ،

ثم يغيران اتجاهها نحو الشرق بتأثير الرياح العكسية، فإذا ما وصلتا إلى الجانب الشرقي المحيط دفعتها الرياح العكسية مرة أخرى نحو خط الاستواء. حيث تبدأ الدورة من جديد. ولاحظ أن جزءاً من مياه التيارات الاستوائية التي تصل إلى الساحل الغربي للمحيط يرتد نحو الشرق على طول خط الاستواء على شكل تيار يطلق عليه اسم التيار الاستوائي الراجع (أو الهائد).

وإلى جانب الدورة التي سبق وصفها توجد كذلك تيارات شديدة البرودة تدفعها الرياح القطبية نحو الجنوب نصف الكرة في نصف الكرة الشمالي، ونحو الشمال في نصفها الجنوبي. ولاحظ مع ذلك أن الدورة السابقة تتغير نوعاً ما في المحيطات المختلفة على حسب الظروف الخاصة بكل منها، من حيث الاتساع وشكل السواحل ونظام هبوب الرياح وغيرها.

ولاحظ عموماً أن التيارات الرئيسية في المحيطات المختلفة تتحرك نوعاً ما نحو الشمال في فصل الصيف (الشمالي)، ونحو الجنوب في فصل الشتاء تبعاً لحركة الشمس الظاهرية، شأنها في ذلك شأن النطاقات العامة للحرارة والضغط الجوي والرياح.

تيارات المحيط الأطلسي

ينفق نظام التيارات البحرية في هذا المحيط اتفاقاً واضحاً مع الدورة العامة التي سبق وصفها (وذلك باستثناء بعض أوجه الاختلاف التي تظهر بعامة خاصة في أقصى الشمال) فإذا نظرنا إلى الخريطة شكل (٥٨) نلاحظ أن هناك تيارين باردين يمران نحو خط الاستواء في الأجزاء الشرقية من المحيط وهما:

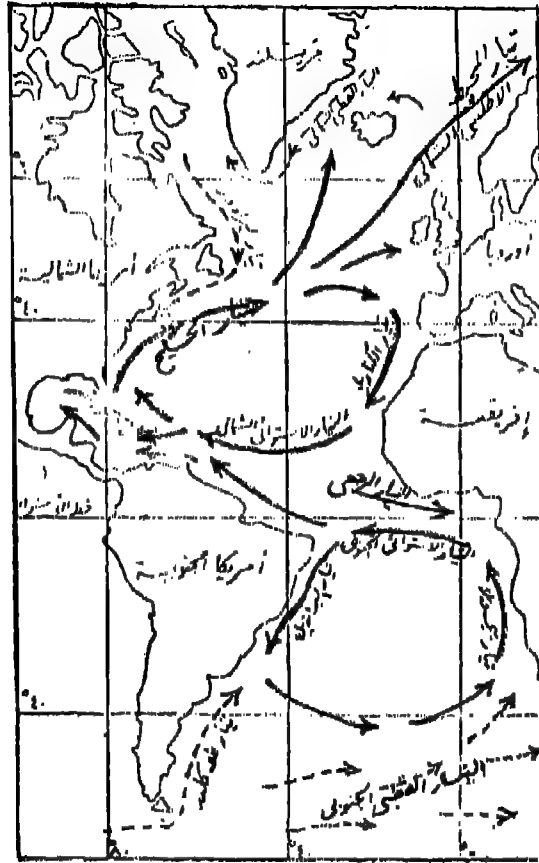
- ١ - تيار الكنتاريا، نسبة إلى جزر الكنتاريا في الشمال و ٢ - تيار بنجويلا، نسبة إلى إقليم بنجويلا في جنوب غرب أفريقيا في الجنوب.

والغرب من خط الاستواء يتعرف هذان التياران نحو الغرب، ويتكون منهما التيار الاستوائي الشمالي من جهة والتيار الاستوائي الجنوبي من جهة أخرى،

وعندما تصادم هذان التياران الاستوائيان بساحل أمريكا الجنوبية برتد جزء بسيط من مياههما على طول خط الاستواء نحو الشرق على شكل تيار يطلق عليه اسم التيار الاستوائي الراجع ، وهو الذي يعرف عند الساحل الأفريقي باسم تيار غانة الحار ، وفيما عدا ذلك نجد أن التيار الاستوائي الشمالي يتحرك في جهته نحو الشمال الغربي على امتداد الساحل الشمالي لأمريكا الجنوبية ، أما الجنوبي فينتسم عند مصادمه لشبه جزيرة سان روك St. Roque إلى قسمين ، الأول منها ينضم إلى التيار الاستوائي الشمالي ، أما الثاني فيتحرك جنوبا ويكون منه تيار البرازيل الدافئ ، الذي يستمر في تحركه حتى حوالى خط عرض ٤٠° جنوبا ، ثم يغير اتجاهه بتأثير الرياح العكسية نحو الشرق ، وتنضم إليه بعض التيارات القطبية الباردة ومنها تيار فوكلاند في أقصى جنوب شرق أمريكا الجنوبية ، ويكون منهما جميعا تيار بنجويلا الذي سبلت الإشارة إليه .

أما في شمال خط الاستواء فيتتحرك التيار الاستوائي الشمالي ، بالإضافة إلى القسم الذي انضم إليه من التيار الجنوبي ، نحو البحر الكاريبي وجزر الهند الغربية . ثم يدخل القسم الأكبر منه إلى خليج المكسيك ، بينما يتحول القسم الآخر إلى الشرق من جزيرة فلوريدا ، ويكون منه تيار الخليج Gulf Stream ، وهو أعظم تيارات المحيط الأطلسي ، بل أعظم تيارات العالم على الإطلاق ، ويرجع ذلك إلى أن مياهه تأتي من ثلاثة مصادر هي : ١ - مياه التيار الاستوائي الشمالي نفسه ، ٢ - القسم الذي ينضم إليها من مياه التيار الاستوائي الجنوبي ، ٣ - المياه الكثيرة التي تصل إلى خليج المكسيك بواسطة الأنهار التي تصب فيه ، وأهمها نهر المسيسيبي .

ويواصل تيار الخليج حركته بجذاء الساحل الشرقي للولايات المتحدة ، ويكون عرضه في المتوسط حوالى ٧٥ كيلو مترا ، وعمقه نحو ٦٥٠ مترا ودرجة حرارة مياهه ٢٧° م تقريبا ، وتكون سرعته بالقرب من شبه جزيرة



شكل (٥٨) التيارات البحرية في المحيط الأطلنطي

فلوريدا حوالي سبعة كيلو مترات ونصف في الساعة ، ويرجع ذلك إلى قوة اندفاع المياه الكثيرة التي تخرج من خليج المكسيك عن طريق المضيق المحصور بين جزيرة كوبا ، شبه جزيرة فلوريدا ، ولكن هذه السرعة تقل تدريجياً حتى تصبح حوالي كيلو مترين في الساعة أمام سواحل ليدفوندا لاند . وهناك يبدأ التيار في تغيير اتجاهه نحو الشرق بتأثير الرياح المكسية الجنوبية الغربية ، ولكنه يشد في دررته نوماً ما عن الدورة العامة التي سبق وصفها ،

فبدلاً من أن يعبر كل جبهة نحو الجنوب عند مقابلته لسواحل الجزر البريطانية
ومغرب أوروبا فإنه يعبر إلى فرعين كبيرين ، يذهب أحدهما نحو الجنوب
على طول السواحل الغربية للبرسا وشبه جزيرة أيبيريا وشمال غرب إفريقيا،
حيث يتكون منه تيار الكنتاريا الباردة ، أما الفرع الثاني وهو الأكبر فيو اصل
تتحرك نحو الشمال الشرقي ماراً بين أيسلندا والملاز البرية النائية حتى يصل إلى
سواحل النرويج وروسيا ، ويطلق عليه أحياناً اسم تيار المحيط الأطلسي
الشمال المائل ، ومنه يخرج فرع صغير يذهب نحو أيسلندا وينضم إلى النهاية
إلى التيارات القطبية الباردة التي تتجه جنوباً ، وأهمها تيار ليرامور الذي يقابل
مع تيار الخليج عند جزيرة نيو فونلاند .

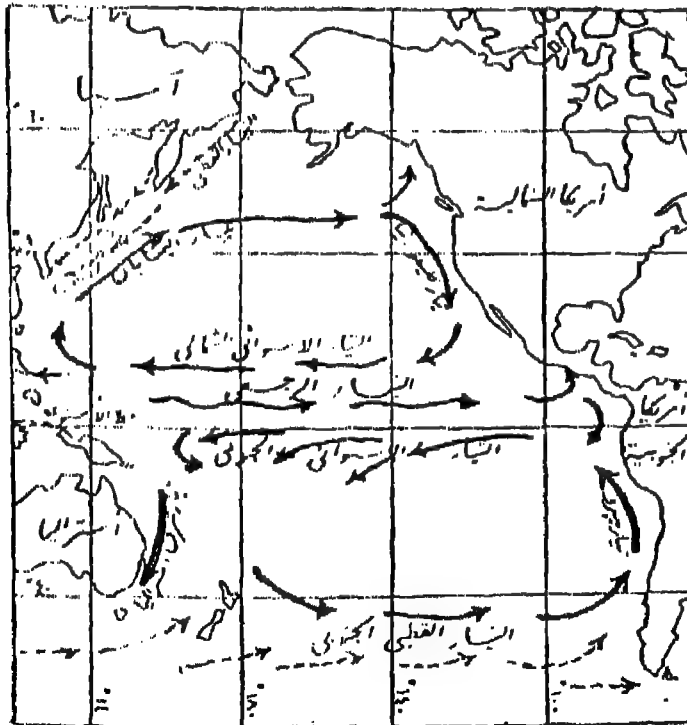
تيارات المحيط الهادئ :

لا تختلف تيارات المحيط الهادئ في نظامها العام اختلافاً كبيراً عن تيارات
المحيط الأطلسي ، وذلك باستثناء بعض الاختلافات الهيكلية التي يرجع أصلها
إلى عدم تشابه شكل السواحل في المحيطين ، فبالنظر إلى الخريطة شكل (٥٢)
نرى أن السواحل الغربية للامريكتين يحف بها تياران باردان يسيران نحو
خط الإستواء . وهما تيار كاليفورنيا في الشمال وتيار بيرو (أو همبولت
Humboldt) في الجنوب ، ومنها يتكون تياران استوائيان يسيران غرباً حتى
جزر أندونيسيا وشرق أستراليا ، ومن هنا نرى بعض مظاهرها على طول خط
الاستواء مكونة التيار الاستوائي الراجع الذي يتحرك بين التيارين الأميين .

وفي غرب المحيط ينجس التيار الاستوائي نحو الشمال ثم الشمال الشرقي ،
وهو سواحل اليابان الشرقية ويطلق عليه اسم تيار اليابان الحار ، وهو الذي
يطلق عليه كذلك اسم تيار كوروسيو ، Kuro Sio ، أو Kuro Shio ،
(أي التيار الأسود) . وحوالي خط عرض ٥٢° شمالاً يغير هذا التيار اتجاهه

لنمو الشرق بفائير الرياح العكسية الجنوبية الغربية حتى إذا ما وصل إلى الساحل الغربي لأمريكا الشمالية انحرف معه نمو الجنوب مكونا تيار كاليفورنيا الذي سهقت الإشارة إليه .

وبلاحظ أن تيار اليابان الحار يتأهل إلى الشرق من جزيرة هاو (إحدى جزر اليابان الشمالية) بتيار قاعى بارد يأتي من دقة مضيق بيرنج ويحير بسواحل شبه جزيرة كوشكا وجزر كوريل ، ويطأ إلى أهم تيار كوشكا أو تيار كوريل . وهو يشبه تيار ليراندور في شمال غرب المحيط الأطلنطي ، ولكنه أضعف منه بكثير .



شكل (٥٩) التيارات البحرية في المحيط الهادى

أما التيار الاستوائي الجنوبي فيتحول إلى تيار شرق استوائي الخلفه ،
الذى يمتدك جنوباً بمجرى سواحل استوائية الشرقية وسواحل نيوزلاند ،
وذلك حتى هو إلى خط عرض ٤٧° جنوباً ، ثم يغير اتجاهه نحو الشرق بفأثر
الرياح المكسية الشمالية الغربية ، ويصلح هنا بعض التيارات الاطية التي تأتي
من الجنوب ، وعندما يصل إلى أمريكا الجنوبية يصب نحو الشمال بمجرى ساحلي
الغربي على شكل تيار يعرف باسم تيار بيرو أو مبولت ، وهو الذي يتحول
عند خط الاستواء إلى التيار الاستوائي الجنوبي .

وهناك بعض الاختلافات بين تيارات المحيط الهادى وتيارات المحيط
الاطلسى ، وأهم أوجه هذا الاختلاف هي :

١ - أن التيارات الاطية في شمال المحيط الاطلسى أعظم بكثير من نظيراتها
في شمال المحيط الهادى وذلك لأن المحيط الهادى يكاد يكون مغلقاً من
ناحية الشمال ، حيث لا يوصله بالمحيط المتجمد الشمال إلا بوقاز بيرنج الضيق ،
وهو لا يسمح إلا بمرور تيارات ضعيفة نسبياً .

٢ - أن تيار اليابان الحار أضعف بكثير من تيار الخليج ، لأن الأخير
يتكون في الواقع من مياه التيار الاستوائي الشمالي مضاعفاً إليها جزء كبير من
مياه التيار الاستوائي الجنوبي . وذلك فضلاً عن مياه الأمطار الكثيرة ومياه
الأنهار التي تصب في خليج المكسيك ، أما تيار اليابان فإنه يتكون عموماً
من مياه التيار الاستوائي الشمالي وحدها ، بل إن جزءاً من هذه المياه يتسرب
بين جزر أندونيسيا وبورما حتى يندمج مع تيار الشرق حتى يدخل المحيط الهندي ،
وفضلاً من ذلك فإن مياه تيار اليابان تكون أقل سخونة من مياه تيار الخليج
التي يؤدي مرورها في البحر الكارايى ثم تجمعها في خليج المكسيك إلى زيادة
درجة حرارتها ، ونظراً لصغر مساحة المحيط الاطلسى بالنسبة للمحيط الهادى

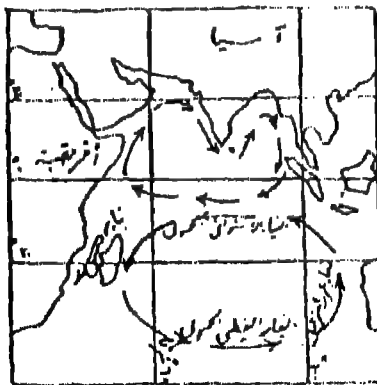
فإن مياه تيار الخليج تظل معتدلة بالدرجة من سرارتها حتى عند وصولها إلى سواحل غرب أوروبا في حين أن تيار اليابان يلقى جزءاً كبيراً من حرارته أثناء عبوره المحيط الهادئ وهو أعظم مساحة بكثير من المحيط الأطلسي ، ولقد الأسباب نجد أن تأثير تيار الخليج على مناخ سواحل أوروبا الغربية ، يترك كثيراً تأثير تيار اليابان الدافئ على مناخ الساحل الغربي لكندا وشماله غربي الولايات المتحدة .

تيارات المحيط الهندي ،

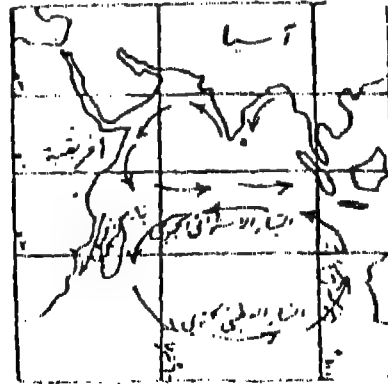
يميز المحيط الهندي بطروفه الخاصة التي أدت إلى اختلاف نظام التيارات البحرية فيه من النظام الذي سبق أن رأيناه في المحيطين الأطلسي والهادئ . ويظهر هذا الاختلاف بصفة خاصة في القسم الشمالي من المحيط ما بين خط الاستواء وسواحل آسيا الجنوبية ، ففي هذا القسم يتغير اتجاه التيارات البحرية تبعاً تماماً في فصل الشتاء منه في فصل الصيف ، كما يظهر عند مقارنة شكل (٥٣) و (٥٤) ، حيث نلاحظ أن التيار الذي يمر بمحور الساحل الجنوبي لآسيا في فصل الشتاء يتجه بصفة عامة من الشرق إلى الغرب . والسبب في ذلك هو هبوب الرياح الموسمية الشمالية الشرقية في هذا الفصل من داخل آسيا نحو المحيط الهندي ، وعندما يصل هذا التيار إلى شرق إفريقيا يدور في جنوبها حتى يعبر خط الاستواء (كما تفعل الرياح الموسمية الشتوية نفسها) ثم يتغير اتجاهه بعد ذلك نحو الشرق مكوناً التيار الاستوائي الشمالي ، أما في فصل الصيف فتعكس الدورة بسبب تغير اتجاه الرياح الموسمية ، التي تهب على شبه جزيرة الهند والبحر العربي في هذا الفصل من الجنوب الغربي بصفة عامة ، فتدفع أمامها المياه الساحلية على شكل تيار يتجه نحو الشرق ، فإذا ما وصل إلى ساحل الملايو والهند الصينية غير اتجاهه نحو الجنوب ، وأخيراً يتحول

إلى تيار استوائي يتجه من الشرق إلى الغرب، ومن الواضح أن شكل الساحل الهندي له تأثير واضح على اتجاه التيار البحري الذي يضطر للدوران حول عند انتقاله من خليج بنغال إلى البحر العربي في فصل الشتاء، أو العكس، في فصل الصيف.

أما إلى الجنوب من خط الاستواء، فلا يختلف نظام التيارات البحرية في المحيط الهندي من نظامها في المحيط الأطلسي الجنوبي أو المحيط الهادى الجنوبي، ففي الشرق يوجد تيار غرب استراليا الذى تدفعه الرياح التجارية الجنوبية الشرقية نحو خط الاستواء، ثم يتكون منه التيار الاستوائي الجنوبي الذى يتحرك غربا حتى يصل إلى الساحل الشرقى لأفريقية، وينحرف نحو الجنوب على شكل تيار دافى. يطلق عليه اسم تيار موزمبيق، نسبة إلى إقليم موزمبيق في شرق إفريقيا، وأخيرا يغير اتجاهه نحو الشرق بتأثير الرياح العكسية الشمالية الغربية حتى ياتهم بتيار غروب استراليا، ويبدأ الدورة من جديد.



شكل (٦١)
التيارات البحرية في المحيط الهندي
في فصل الصيف

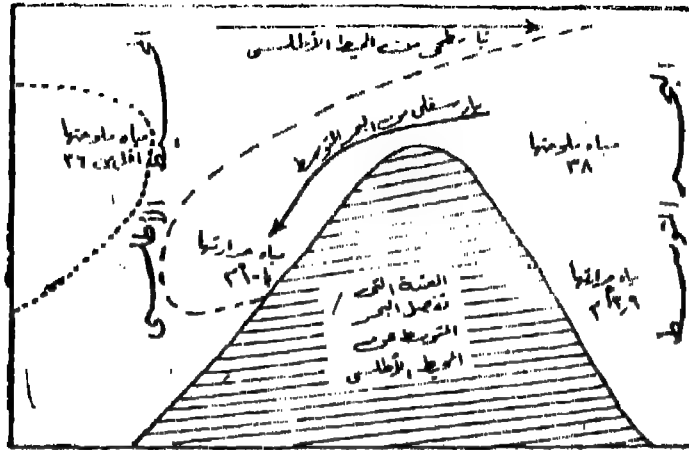


شكل (٦٢)
التيارات البحرية في المحيط الهندي
في فصل الشتاء

تيارات البحر المتوسط

يتميز البحر المتوسط بتيارات السطحية التي تختلف في طبيعتها وأسبابها عن التيارات الرئيسية في المحيطات الكبرى ، لأن السائل الرئيسي الذي يتركب من مياه المحيطات هو الرياح العامة . أما المياه السطحية في البحر المتوسط فتتحرك نتيجة لعوامل أخرى من أهمها ارتفاع درجة ملوحة مياه هذا البحر ، وارتفاع درجة حرارتها بالنسبة لمياه المحيطات صغرى . ويرجع ذلك إلى دفء البحر المتوسط وسرعة تبخر مياهه من ناحية ، وعدم كثافة ما ينصب فيه من مياه الأنهار أو الأمطار لتعويض ما يتبخر من مياهه بالتبخر من ناحية أخرى . وليس من شك في أن تضاريس الخوض لها كذلك دخل كبير في أحواله المائية إذ أن امتداد الجبال بجوار الساحل في معظم أجزائه قد قلل من فرصة وجود أنهار كبيرة تتجهل إليه ما يمكن لتعويض المقدور منه بالتبخر ، ويقدر مجموع ما تنقله الأنهار التي تنصب في البحر المتوسط مباشرة بنحو ١٠٠ / ١ فقط من المياه التي تتبخر منه بالتبخر أما الباقي فيعوض بثلاث وسائل أخرى هي (١) زيادة ما يدخل إلى هذا البحر من المحيط الأطلسي من طريق بوغاز جبل طارق مما يخرج منه من نفس الطريق ، وهذا يعوض ٢٠٠٠ / ١ من مجموع المياه المتبخره ، (٢) الأمطار وغيرها من مظاهر التكثف وهذه تعوض ٢١٠٠ / ١ . (٣) زيادة ما يدخل البحر المتوسط من البحر الأسود عن طريق بوغازي البوسفور والدردنيل مما يخرج منه إلى نفس البحر ، وهذا يعوض ٣٠٠ / ١ من قيمة المياه المتبخره .

ومن هذا يتبين بوضوح أهمية بوغاز جبل طارق الشرق بالذات لمياه البحر المتوسط ، إذ لولا المياه التي تصل عن طريقه إلى هذا البحر لكانت نسبة كثرة التبخر ، كما أنه لولا ضيق هذا البوغاز وضيقه لكانت وجوده عبثاً



شكل (٦٢) حركة المياه على المنبة الصخرية التي تفصل المحيط الاطلسي من البحر المتوسط

صخرية عند مدخله لا يزيد ارتفاع الماء فوقها من ٤٠٠ متر لاختلطت مياهه بمياه المحيط الاطلسي ولما حادت لها صفاتها الأولى التي تتميز بها .

وقد ترتب على وصول المياه السطحية إلى البحر المتوسط من الغرب ومن الشرق تكون دورة عامة تتحرك بها هذه المياه السطحية لهذا البحر في اتجاه معاكس لحركة عقرب الساعة ، حيث تتحرك من الشرق إلى الغرب أمام سواحله الشمالية ، ومن الغرب إلى الشرق أمام سواحله الجنوبية ، ولو أنها تتأثر في حركتها بشكل السواحل ، ففي جنوب أوروبا مثلاً نلاحظ أن التيار يتحرك من الجنوب إلى الشمال أمام السواحل الغربية لأشباه الجدر ومن الشمال إلى الجنوب أمام سواحلها الشرقية ، كما هي الحال أمام سواحل إيطاليا وأسبانيا .

وقد كان لهذه التيارات السطحية أثر في نشأة الموانئ المهمة الغربية من معيبرات الأنهار حيث نلاحظ أن هذه الموانئ تنشأ دائماً في الجهة التي لا تتأثر

بالرواسب التي يجلبها النهر ويحملها التيار الجعري ، وهذا هو السبب في نشأة
الوفايكال إلى الشرق من مصب الزاردار ، والهندلية إلى الشمال من مصب نهر
أبو ، وسريليا إلى الشرق من مصب الرون ، ويرتفع في شمال شرق داما
الأيرو . ولربما من شأنه أن حركة التيارات أمام السائل النهائي للمرمر
الغرب إلى الشرق قد ساعدت على حماية ميناء الاسكندرية من الرواسب الطليخة
التي تحملها مياه نهر النيل وتأتي بها في البحر خصوصاً في موسم الفيضان

أما التيار السفلي الذي يهتدك على عمق يتراوح بين ١٠٠ و ١٥٠ متراً
ليتجه نحو بوناز جبل طاروق في معظم أجزاء البحر ما عدا بحر الجبل حيث
يهدرك نحو البحر الأسود .

وحركة المياه في بوناز جبل طاروق تسمى في اتجاهين متعاكسين ، ففي ذلك
تيار سطحي قوي يتدفق من المحيط إلى البحر المتوسط بسرعة تبلغ حوالي خمسة
كيلو مترات في الساعة ويتراوح عمقه بين ٥٠ و ١٠٠ متر من سطح الماء ،
ويقابل هذا التيار السطحي تيار آخر سفلي يهدرك على عمق يتراوح بين
١٠٠ و ٢٠٠ متر وتنحدر بواسطة مياه البحر المتوسط ذات الكثافة واللحوة
المرتفعتين على حافة الهبة الصخرية نحو قاع المحيط ، ويواصل التيار السطحي
الذي يحمل مياه المحيط الأطلسي ذات الكثافة واللحوة المنخفضتين نسبياً
سرعته نحو الشرق أمام الساحل الشمالي لأفريقية حتى الساحل الشمالي لمصر ،
إلا أن سرعته تنخفض تدريجياً كلما اتجهنا شرقاً . أما التيار السفلي ، الذي
يخرج من البحر المتوسط فتتدفق مياهه لكثيفة على قاع المحيط في اتجاهات
متنوعة . يمكن تتبعها مسافات طويلة أمام ساحل البرتغال وساحل المغرب على
وفي مرض المحيط . والمياه التي تتدفق هذا التيار السفلي تشكل الطبقة التي
يتراوح عمقها بين ٣٠٠ و ٥٠٠ متر في معظم أجزاء البحر المتوسط حيث

يلاحظ أن هذه الطبقة تتحرك بصفة عامة نحو الغرب ، أما الطبقات الأعمق من ذلك فلا تتأثر تأثراً ظاهراً بهذه الحركة ، ويرجع ذلك إلى تأثير بوزغاز جبل طارق الذي أنشأنا إليه .

ومن الممكن أن نلاحظ نفس حركة المياه كذلك في البوغاز الذي يفصل جزيرة صقلية من تونس ، فهنا يوجد تياران أحدهما سطحي يهجه نحو الشرق والثاني سطحي يهجه نحو الغرب ، ولكنها أضعف بكثير من تيارى بوغاز جبل طارق .

وفي الطرف الشمال الشرقى للبحر المتوسط يوجد تياران آخران في بوغازى البسنور والدودنيل ، أحدهما سطحي يتحرك من البحر الأسود إلى البحر المتوسط والثاني سطحي يتحرك في الاتجاه المعاكس ، وهذان التياران لا يختلفان كذلك من القوة بل تيارى بوغاز جبل طارق .

التيارات البحرية في الشتاء ،

أولاً - الرهاى درجة الحرارة : من التوزيع السابق للتيارات البحرية في المحيطات المختلفة يمكننا أن نلاحظ ظاهرتين مهمتين هما :

١ - في نطاق الرياح التجارية (على وجه الأجمال) توجد تيارات باردة بمحاور السواحل الغربية للامارات بينما توجد تيارات دافئة أو حارة بمحاور السواحل الشرقية .

٢ - في نطاق الرياح المعكسية (الغربية) تنقلب الآية ، فبينما تغادر السواحل الغربية للامارات بعض التيارات الدافئة نجد أن سواحلها الشرقية تتأثر ببعض التيارات الباردة . وينطبق هذا بصفة خاصة على نصف الكرة الشمالى بسبب اتساع اليابس وعظم امتداده في العروض العليا .

والا كانت التيارات الدافئة تسير دائما على تافة الـ واصل التي قربها بينما تعمل التيارات الباردة على برودتها ، فذلك تتركب على الظاهرتين السابقتين أن اخففت درجة حرارة السواحل الشرقية للقارات عن درجة حرارة سواحلها الغربية التي تقع في نفس العروض ، ويظهر هذا بوضوح عند مقارنة السواحل المتقابلة في القارة الواحدة أو السواحل المتفرقة على محيط واحد في القارات المختلفة ، وقد سبق أن أدرنا إلى هذه الحلقة عند الكلام على خطوط الحرارة المتساوية .

فلذا نلحظ مثلا بين أثر التيارات البحرية على حرارة السواحل الشرقية للمحيط الاطلسي وأثرها على حرارة السواحل الغربية لنفس المحيط نلاحظ ما يأتي :

أولا - أن السواحل الغربية لأفريقية وشبه جزيرة إيبيريا أقل حرارة من السواحل المتقابلة لها في شرق الأمريكتين ، وذلك لمرور تيار السكتاريا وبحولها البارد أمام السواحل الأولى ، وتيار الخليج والبرازيل الدافئين أمام السواحل الثانية ، فبينما يبلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة في داکار « Dakar » على ساحل السنغال حوالي 24°C نجد أنه في فيراكروز « Vera Cruz » على الساحل الشرقي للسكريك يبلغ حوالي 27°C وذلك على الرغم من أن الثانية أبعد من الأولى من خط الاستواء بحوالي ٤ درجات عرضية ، وكذلك في بنانا « Bauana » الواقعة عند مصب نهر الكونغو يبلغ المعدل السنوي 20°C مقابل 26.6°C في برنامبوكو « Pernambuco » على الساحل الشرقي للبرازيل . ويبدو هذه الاختلافات أوضح ما تكون في فصل الشتاء ، ففي شهر يناير مثلا يكون معدل الحرارة في داکار 20°C مقابل 22°C

في فيراكروز، أما في بنانا فيكون 22.4° مقابل 24° في برنامبوكو (١).
ويلاحظ أن الفرق بين الساحلين الشرقي والغربي للمحيط الأطلسي
بالتامس تدريجيا كلما اقمنا من خط الاستواء نحو الشمال حتى يختفئ تقريبا
حوالي خط عرض 30° شمالا، وهنا نجد أن خطوط الحرارة المتساوية تقطع
الساحلين عند خطوط عرض متطابقة جدا.

ثانيا - إلى الشمال من خط عرض 40° تنعكس الحالة تماما، حيث نجد
أن السواحل الغربية لأوروبا أدفا بكثير من السواحل الشرقية لكندا
والولايات المتحدة، ويرجع ذلك إلى تأثير تيار الخليج الدافئ وفروعه على
السواحل الأولى، وتأثير تيار ليرادور البارد على السواحل الثانية، وهذا
هو السر في أن خطوط الحرارة المتساوية تنحني في هذه العروض (على شمال
المحيط الأطلسي) ما بين الشمال الشرقي والجنوب الغربي، ويبدأ الفرق بين
الساحلين في الظهور إلى الشمال من خط عرض 30° ويزداد تدريجيا كلما
اتجهنا شمالا، ويكون هذا الفرق كبيرا جدا خاصة في فصل الشتاء، ويبين
ذلك من الجدول رقم (٤) الذي يبين معدلات درجة الحرارة لشهر يناير
والمعدلات السنوية في بعض البلاد التي تقع على جانبي المحيط، وتفق في خط
العرض تقريبا.

وقد ترتب على دفء الجوانب الشرقي من المحيط الأطلسي الشمال مدة فائض،
أهمها: أولا، أن المياه أمام الساحل الشمالي الغربي لأوروبا لا تتجمد في أي
شهر من شهور السنة في أي مكان إلى الجنوب من خط عرض 70° شمالا،

(١) خطا عرض داكار وفيراكروز هما $14^{\circ}39'$ و $19^{\circ}11'$ شمالا على
الترتيب، أما خطا عرض بنانا وبرنامبوكو فهما 6° و 8° جنوبا على الترتيب.

جدول (٤) معدل درجة حرارة شهر يناير والمعدل السنوي في بعض البلاد المتجاورة على الساحل الشرقي والغربي لشمال المحيط الأطلس.

معدل درجة الحرارة (متوسطة)		نقطة العرض (شمالاً)		البلد
السنه	يناير			
١٥١١	٩١٦	٣٨°	٤٢	لشبونة (البرتغال)
١٢٢٦	١٠٥	٣٨°	٥٣	واشنطن
٢١٧	١١٩	الفرق		
١٤١٤	٨١٣	٤١°	٧	أبورتو (البرتغال)
٩١	١٠٠	٤١°	٦	نيويورك
٣١٤	١١٣	الفرق		
١٢	٦٦	٤٨°	٣٣	برست (فرنسا)
٦٦٧	١١٢	٤٥°	١٩	سان جونز St. John
٥١٧	٥٠٤	الفرق		(الولايات المتحدة)
٨٦٥	٣٠٩	٥٥°	٥١	جلاسجو
٥١٧	١٣٦٨	٥٦°	٢٥	نينا (أيرلند)
٣١٣	٩٠٩	الفرق		

بينما نجد مياه الساحل الشمالي الشرقي لأيرلندا في فصل الشتاء حتى خط عرض ٥٠° شمالاً، وتتجمد معها مياه نهر سانت لورانس، مما يؤدي إلى توقف الملاحة تماماً في هذا الفصل، بخلاف الحال أمام الساحل الغربي الذي يظل مفتوحاً للملاحة طوال السنة. وفضلاً عن ذلك فإن جبال البحار الطافية قد تستمر في تحركها جنوباً بالقرب من الساحل الشرقي لأيرلندا حتى خط عرض ٤٠° شمالاً، بينما يتدر أن تشاهد بالقرب من الساحل الشمالي

الغربي لأوروبا إلى الجنوب من خط عرض ٥٠° . وكذلك فهي بمنحى بخط
الفلج الدائم ، نلاحظ أنه يقع دائما إلى الشمال من خط عرض ٨٠° شمالا أمام
الساحل الشمالي الغربي لأوروبا . في حين أنه يصل إلى خط عرض ٩٠° أمام
الساحل الشمالي الشرقي لأمريكا الشمالية .

ثانيا - نظرا لأن السواحل الشرقية للمحيط الأطلسي (إلى الشمال من
خط الاستواء) تتأثر بالتيارات الباردة في العروض الحارة ، والتيارات الدافئة
في العروض الباردة ، فقد توجب على ذلك أن أصبح تدرج الحرارة على
امتداد هذه السواحل بطيئا جدا ، أما السواحل الغربية فيختلف الحال عليها
من ذلك تماما ، لأنها تتأثر بالتيارات الدافئة في العروض الحارة والتيارات
الباردة في العروض الباردة . ولهذا السبب نجد أن مناخها أكثر تطرفا من مناخ
السواحل الشرقية ، كما أن التدرج الحراري على امتدادها يكون شديدا
الانحدار جدا بمعنى أن الانتقال من المناخ الحار إلى المناخ البارد يأتي في
مسافة قصيرة ، وقد كان لذلك نتائج اقتصادية هامة ، لأنه أدى إلى تعدد
الأنواع النباتية التي تساعد على زراعة غلات معينة في مسافة قصيرة نسبيا .
فعل طول الساحل الشرقي لأمريكا الشمالية مثلا نجد أن المياه النباتية تتدرج
في مسافة لا تزيد على ٩٠٠ كيلومترا من غلات الأقاليم الحارة في الورد إلى
غلات الأقاليم الباردة في ابرادور .

وهل هذا التدرج السريع يوجد كذلك في شرق آسيا ، ولكنه أقل
وضوحا منه في شرق أمريكا الشمالية لأن التيار الياباني الدافئ (كوروشيفو)
أضعف أثره من تيار الخليج ، كما أن تيار كنتشوكا البارد أضعف من
تيار ابرادور .

ثالثا - الرضا في الرطوبة ومظاهر التكثف ؛ إلى جانب تدفئة السواحل أو
تبريدها تؤثر التيارات البحرية كذلك على رطوبة الهواء ، فالرياح التي تمر

على تيارات دافئة تكون أبرد على حمل بخار الماء من الرياح التي تمر على تيارات باردة ، ولهذا فإن الأولى تكون بها في سقوط أمطار غزيرة على السواحل التي تهب عليها ، خصوصا إذا كانت هناك سلاسل جبالية مرتفعة تعترض طريقها ، فملاشك فيه أن مرور الرياح الغربية على تيار الخليج قبل وصولها إلى سواحل غرب أوروبا ، وعلى تيار كوروسوفو قبل وصولها إلى سواحل كندا وشمال غرب الولايات المتحدة ، ثم مرور الرياح الموسمية الشمالية الشرقية على تيار شرق استراليا قبل وصولها إلى سواحل كوينزلاند في شمال شرق استراليا يعتبر من العوامل المهمة التي تؤدي إلى كثرة الأمطار على جميع هذه السواحل

ويختلف الحال من ذلك تماما بالنسبة للرياح التي تمر على تيارات باردة ، حيث أنها لا تساهم بهيئته يذكر في أمطار السواحل التي قربها ، بل لأنها على العكس من ذلك تساهم على جفاف هذه السواحل ، كما في الحال في جنوب غرب إفريقيا حيث يوجد تيار بنجويلا ، وفي شمالها الغربي حيث يوجد تيار الكنداريا ، فقد ساعد هذان التياران الباردان على امتداد صحراء ناميب في الجنوب والصحراء الكبرى في الشمال حتى ساحل المحيط الاطلسي ، وتكرر هذه الظاهرة في جنوب غرب أمريكا الجنوبية ، حيث تعدد صحراء أتكاما بجوار السواحل التي يمر بها تيار بيرو ، وفي غرب أمريكا الشمالية حيث تعدد صحراء أريزونا بجوار السواحل التي يمر بها تيار كاليفورنيا ، وكذلك في غرب استراليا حيث تعدد الصحاري الوسطى والغربية حتى ساحل المحيط الهندي الذي يمر بجواره تيار غرب استراليا البارد ، ولكن يجب ألا نفرهم من هذا أن جميع هذه الصحاري قد تكونت بسبب التيارات الباردة وحدها ، إذ أن السبب الرئيسي في وجودها في غرب القارات هو أن الرياح التجارية الشمالية الشرقية أو الجنوبية الشرقية ، التي تهب عليها في معظم أيام السنة تكون

شديدة الجفاف لمرورها على مساحات واسعة من اليابس . أما التيارات الباردة
فقد سادت فقط على إندادها حتى ساحل المحيط من جهة ، وعلى زيادة
جفافها من جهة أخرى .

ويستمر الطهباب البحري من أم مظاهر التكثف التي تحدث نتيجة لتقابل
تيارين أحدهما دافئ والآخسر بارد ، كما يحدث مثلاً في منطقة التقاء تيار
لرادر البارد بتيار السايكج الدافئ حول جزيرة نيوفونديلاند ، وفي منطقة
التقاء تيار كوريل بتيار كوروسيفو إلى الشرق من جزر اليابان ، ففي هاتين
المنطقتين يكون ضباب كثيف جداً نتيجة لتكثف بخار الماء الذي يحصله
الرياء الدافئ عند مروره على سطح التيار البارد .

الاهمية الجغرافية للتيارات البحرية :

تظهر أهمية التيارات البحرية في كثير من النواحي الطبيعية والبشرية للناطق
لتي تتأثر بها مثل المناخ وأشكال السواحل ومظاهرها الجيومورفولوجية ،
وحياة الإنسان ومظاهر نشاطه التي لها صلة بالبحر . ولا يتسع المجال الآن
لدراسة كل آثار التيارات البحرية في كل هذه النواحي ولذلك سنكتفي
بملخص أهم هذه الآثار فيما يلي :

(١) تقوم التيارات البحرية بعملية توزيع وموازنة حرارية مستمرة
بين المناطق التي تتأثر بها ، فالتيارات الحارة تقوم بنقل الحرارة التي تكتسبها
مياه البحار من أشعة الشمس في الاقاليم المدارية وشبه المدارية إلى الاقاليم
التي يمتد إليها من هذه الأشعة ، كما تقوم بالتيارات الباردة من ناحية أخرى
بنقل المياه الباردة من الاقاليم القطبية إلى الاقاليم الدافئة نسبياً فتعمل على
خفض درجة حرارة مياهها . ويبدو أثر التيارات البحرية واضحاً على مناخ
السواحل التي تمر بها إذا نظرنا مثلاً إلى خريطة خطوط الحرارة المتساوية على

المحيط الأطلسي ، حيث نلاحظ بوضوح كيف أن تيار الخليج الدافئ قد ساعد على تدفئة سواحل التروبيج بينما أدى تيار إيرادور البارد إلى زيادة برودة السواحل المقابلة لها في أمريكا الشمالية . ولذلك فبيننا تيارات الملاحه في بعض أشهر الشتاء أمام معظم شواطئ كندا الشرقية فان سواحل التروبيج المطله على المحيط الأطلسي تظل كلها مفتوحة للملاحه طول السنة ، بل إن سواحلها الشمالية المطله على البحر المتجمد الشمالي تكون مفتوحة كذلك للملاحه خلال أشهر الصيف .

(٧) إن مرور التيارات الدافئة بجوار بعض السواحل يساعد على زيادة بخار الماء في هوائها فاذا توافرت أى ظروف مساعدة على حدوث التكثف فان هذا التكثف يحدث بكثرة ويصاحبه هطول أمطار الغشبات والأمطار على حسب ما تسمح به الظروف ، بينما يحدث العكس على السواحل التي تمر بها تيارات بارده حيث أن هواءها لا يستطيع من كيات كبيرة من البخار ولا يكون هناك بالتالي مجال لكثرة مظاهر التكثف . ويعتبر هذا العامل واحدا من الأسباب التي ساعدت على امتداد بعض الصحاري وخموصها الصحاري المدارية الواقعة في غرب القارات حتى سواحل المحيطات ومن أهمها للصحراء الكبرى وصحراء ناميب وصحاري غرب استراليا وصحراء شيلي وصحراء كاليفورنيا وكلها تمر بها تيارات بارده .

(٨) وكما أن التيارات البحرية تقوم بعمليات توزيع وموازنة حرارية بين مياه الاقاليم المختلفة فانها تعمل كذلك على تقليل الفرق بين ملوحة البحار المتجاورة وكثافة مياهها ، حيث تتقلل المياه الكثيفة ذات الملوحة العاليه بشكل تيارات سفلية إلى البحار الأقل ملوحة وكثافة بينما تتقلل المياه من البحار الأقل ملوحة وكثافة بشكل تيارات سطحية في اتجاه عكسي ، وهذا هو ما يحدث

مثلا بين البحر المتوسط (ذو الملوحة العالية نسبيا) والمحيط الأطلسي الأقل منه ملوحة ، وما يحدث كذلك بين البحر الأحمر والمحيط الهندي .

(٤) عندما تلتقي التيارات الدافئة بالتيارات الباردة أمام بعض السواحل فإنها تؤدي إلى تكون ضباب كثيف ، كما هي الحال في شمال شرق الولايات المتحدة حول جزيرة نيوفونندلاند حيث يلتقي تيار لبرادور البارد بتيار الخليج الدافئ ، وفي مثل هذه المناطق تتجمع الأسماك ، ولذلك فإنها تعتبر مناطق مهمة للصيد .

(٥) تساهم التيارات البحرية كذلك في تشكيل السواحل التي تمر بها ، حيث أنها تقوم بنقل الرواسب التي قد تحملها الأنهار والرياح من اليابس إلى البحر أو التي تنفتت بفعل التجوية أو بفعل الأمواج وترسبها في الأماكن التي تهدأ فيها حركة الماء . والمعناد هو أن تنقل الرواسب من أمام السواحل البارزة وترسب في الخلجان أو أمام السواحل المتقهقرة التي تهدأ فيها حركة الماء .

وهذه العمليات لها علاقة بإنشاء الموانئ على السواحل التي تمر بها التيارات البحرية حيث تنشأ هذه الموانئ عادة في الأماكن التي يقل فيها الارساب ، ففي شمال مصر مثلا نشأت ميناء الاسكندرية إلى الغرب من مصب نهر النيل حيث أن التيار البحري يمر بساحل مصر الشمالي من الغرب إلى الشرق ، فلو أنشئت الميناء إلى الشرق من مصب النهر لتعرضت باستمرار لارساب المواد الطليئية التي تأتي بها إلى البحر . ومثل هذا يقال عن ميناء ليون التي نشأت على الساحل الجنوبي لفرنسا إلى الشرق من مصب نهر الرون ، حيث أن التيار الذي يمر أمام هذا الساحل يأتي من الشرق .

الباب الرابع

العوامل التكتونية (الباطنية)
التي تساهم في تشكيل سطح اليابس

الفصل العاشر - الحركات التكتونية البطيئة .

الفصل الحادي عشر - الحركات التكتونية المفاجئة (أ) الزلازل .

الفصل الثاني عشر - الحركات التكتونية المفاجئة (ب)
الثورات البركانية .

الفصل العاشر

الحركات التكتونية البطيئة

TECTONIC MOVEMENTS

تمهيد عام : عوامل تشكيل سطح اليابس :

تنقسم العوامل التي تدخل في تشكيل سطح اليابس إلى مجموعتين كبيرتين هما :
أولاً : عوامل تكتونية Tectonic (أو باطنية) مرتبطة بحركات باطن الأرض . وهي تؤدي إلى حدوث حركات معيانية في القشرة . وتؤدي هذه الحركات بدورها إلى خلق أشكال تضاريسية مختلفة . وهي تنقسم إلى نوعين كبيرين هما :

أ - حركات بطيئة لا تظهر نتائجها إلا بمرور مئات الآلاف من السنين وقد حدثت كلها تقريباً خلال العصور الجيولوجية المختلفة ولم تعد تظهر لها في الوقت الحاضر إلا آثاراً محدودة في أماكن قليلة ، وهذه الحركات هي المسئولة عن نشأة معظم المظاهر التضاريسية الكبرى التي تتكون منها تضاريس المرتبة الأولى (المحيطات والقارات) ومعظم تضاريس المرتبة الثانية وأهمها النشاطات الجبلية والهضاب الكبرى الموجودة في القارات المختلفة . وهناك نوعان من هذه الحركات أحدهما عبارة عن حركات رأسية تأثرت بها مناطق شاسعة ، وترتب عليها ظهور مناطق واسعة من قيمان البحار وتحولها إلى أراضٍ متسعة أو هبوط مناطق واسعة من اليابس وتحولها إلى محيطات أو بحار كبيرة . ويطلق على هذا النوع من الحركات اسم الحركات البانية للقارات Continent building movements (أو Endogenetic movements) أما النوع الثاني فعباره عن حركات أفقية يترتب عليها انتناء طبقات الأرض وهذه الحركات

هي التي كونت معظم السلاسل الجبلية الكبرى في العالم ولذلك فقد أطلق عليها اسم الحركات البانية للجبال Mountain building movements (أو Orogenic movements).

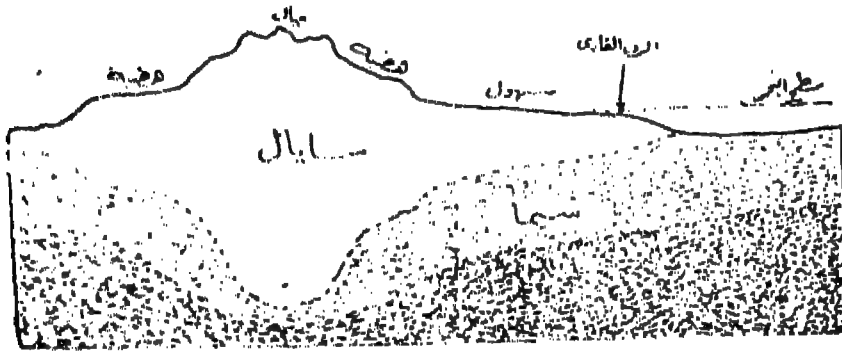
ب - حركات سريعة أو مفاجئة وتشمل الحركات الزلزالية أو حركات المهبوط أو الارتفاع التي تصاحبها ، وحركات انزلاق بعض طبقات القشرة على بعضها الآخر ، وقد تكون هذه الحركات سببا في حدوث الزلازل أو تكون نتيجة من نتائجها . وتعتبر الثورات البركانية كذلك نوعا من أنواع الحركات الأرضية المفاجئة .

ثانيا ، عوامل خارجية ليحت لها علاقة بباطن الأرض أو بحركات القشرة ولكنها ترتبط بالمظاهر التي تحدث في الأغلفة الظاهرية للكرة الأرضية وأهمها الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الحيوي . وهذه العوامل كثيرة ومتنوعة ولكنها تنحصر في مجموعتين رئيسيتين هما : عوامل التجوية Weathering التي تقوم بتفكيك الصخور وتفتيتها ، ثم عوامل التعرية Denudation (أو Erosion) التي تقوم بعملية محذقة تؤدي إلى التآكل والهدم في بعض المناطق وإلى الترسيب والبناء في مناطق أخرى . وأهم هذه العوامل هي الرياح والمياه الجارية ومياه البحار والجليد ، وسنذكر عليها في فصول قادمة .

توازن قشرة الأرض Isostasy of the Earth's Crust :

في سنة ١٨٨٩ اقترح الباحث الجيولوجي الأمريكي داتون C.E. Dutton نظريته التي حاول أن يفسر بها الطريقة التي تتوازن بها كتل اليابس المكونة من السيلال SIAL فوق طبقة السيلما SIMA . وقد اشتهرت هذه النظرية باسم « نظرية التوازن Theory of Isostasy » . وقد أدخل هذا التعبير في دراسة قشرة الأرض بعد أن أنهت دراسات الزلازل والمغناطيسية أن كتل السيلال التي تتكون منها كتل اليابس والتي يبلغ متوسط كثافتها ٢.٧٧ تغرق في طبقة

السيا التي يبلغ متوسط كثافتها ٥٣٣ إلى أعمق تناسب طردياً مع أحجامها ، وإن هذا التعمق هو الذي يؤدي إلى بقائها في حالة توازن بنفس الطريقة التي تعوازن بها الأجسام المختلفة التي تطفو فوق سطح السوائل ، فكلما كان الجسم ثقيلاً كان الجزء الغاطس منه في السائل كبيراً . ونظراً لأن مواد السيا شديدة الصلابة جداً فإن تعمق كتل السايال فيها يحدث ببطء شديد وتستغرق عمليات التوازن في هذه الحالة وقتاً طويلاً جداً بخلاف ما يحدث عند توازن الأجسام التي تطفو فوق السوائل .



شكل (٦٣) نظرية التوازن

وبناء على نظرية التوازن فإن كتل اليابس تتعمق في طبقة السيا إلى أعماق تناسب مع أحجامها وأوزانها ، ولذلك فإن هذا التعمق يكون كبيراً في مناطق الجبال منه في مناطق السهول أو المنخفضات ، وكلما زادت ضخامة الجبال كان تعمقها أكبر . وتكون الأجزاء المتعمقة في السيا بمثابة جذور تحفظ لهذه الجبال أو لكتل اليابس عموماً توازنها ، وقد يصل امتداد هذه الجذور إلى حوالي ٥٠ كيلو متراً في السيا . وهذا هو ما يحدث في مناطق الجبال الشاهقة الكبرى في مختلف القارات . أما في المناطق السهلية فإن هذا التعمق يكون محدوداً جداً بسبب قلة سمك طبقة السيا وصغر وزنها بالنسبة لهما في مناطق الجبال .

وطى أساس هذه النظرية يمكننا أن نعتبر ما يحدث إذا استطاعت عوامل
العمرية أن تقوم منطقة جبلية وتنقل تكويناتها إلى منطقة أخرى ، إن الذى
يحدث فى هذه الحالة هو أن المنطقة التى تراكت عليها التكوينات تهبط تدريجياً
بسبب النقل الواقع عليها فيزداد تبعاً لذلك العمق الذى تصل إليه جذورها فى
طبقة السيلينا بينما يتناقص عمق جذور المنطقة التى أزيلت تكويناتها فى طبقة
السيلينا بسبب تناقص حجمها ووزنها . ومعنى ذلك أن هناك عمليات توازن
مستمرة فى قشرة الأرض ، وأن هذه العمليات مرتبطة بما يطرأ على السطح
من تغيرات بسبب عمليات التآكل والنقل والارساب أو بسبب أى عوامل
أخرى . ومع ذلك فإن عمليات التوازن التى تعقب هذه التغيرات تكون غالباً
بطيئة جداً بحيث لا تظهر آثارها إلا بمرور آلاف السنين . وذلك بسبب
شدة صلابة السيلينا ، ولهذا فإن ظهور نتائج عمليات التوازن يختلف من ظهور
نتائج النقل والارساب بوقت طويل .

وقد صادفت نظرية التوازن كثيراً من النجاح منذ ظهورها خصوصاً
وأنها استطاعت أن تقدم تفسيرات مقبولة لبعض الظواهر الطبيعية التى كان
من الصعب تفسيرها قبل ذلك ومن أمثلتها ما يأتى : -

(١) أن الأبحاث الجيولوجية وعمليات مسح الأراضي فى المناطق الجبلية
أوضحت أن قوة جذب الجبال لنقل المغناطيسى أقل مما كان مقدراً لها (حتى
مع الأخذ بعين الاعتبار أن السايال التى تتكون منها الجبال قليلة الكثافة وقليلة
الجاذبية نسبياً) ، فالمعروف أن النقل المغناطيسى يتأثر فى المناطق الجبلية بقوتين
إحداهما هى قوة الجاذبية الأرضية التى تجذبه رأسياً والثانية هى قوة جذب
الجبال التى تشده أفقياً ، فينعرف عن الاتجاه الرأسى بزاوية كانت
المفروض أن تكون متناسبة مع حجم الجبال . ولم يكن من السهل ، قبل
ظهور نظرية التوازن ، معرفة السبب فى صغر زاوية الانحراف عما كان

مقدراً ، أما بعد ظهور هذه النظرية فقد أمكن تفسير هذه الظاهرة على أساس أن كسل السيلال التي تتكون منها الجبال لا تقتصر على الجزء الذي يظهر منها على السطح بل إنها تشمل كذلك العمود التي تنعقد في السيلال والتي تؤدي ، بسبب قلة كثافتها نسبياً ، إلى قليل الجاذبية الأفقية عما كان يمكن أن يحدث لو أن السيلال كانت ممتدة بدون انقطاع تحت الجبال حتى السطح .

(٧) أن أقدم الطبقات الرسوبية التي تتكون منها دلتاوات بعض الأنهار مثل نهر السيسبي ونهر النيل قد وجدت على أعماق كبيرة جداً بحيث يصعب التصور بأنها أرسبت فيها . ولكن من الممكن تفسير ذلك على أساس نظرية التوازن ، بأن التراكم المستمر للرواسب هو الذي أدى بمرور الزمن إلى تزايد الثقل الواقع على الطبقات القديمة وإلى هبوطها بالتدريج إلى مستوى أدى من المستويات التي أرسبت فيها في المراحل الأولى لتكون الدلتا .

الانثناءات القشرة الأرضية

Folds of the Earth's Crust

اسبابها :

المقصود بإنثناء (Folding) القشرة هو تقوسها إلى أعلى أو إلى أسفل نتيجة لعمرضها لضغوط جانبية ، ويحدث الانثناء عادة في طبقات الصخور الرسوبية بسبب مرونتها النسبية التي تسمح لها بالإنثناء ، وخصوصاً إذا كانت حديثة التكوين ، أما الصخور النارية والمتحولة فإن شدة صلابتها لا تسمح لها بالإنثناء إلا بدرجة محدودة ولذلك فإنها غالباً ما تتصدع إذا تعرضت لضغوط شديدة . وقد يحدث الانثناء في الطبقات الصخرية إما نتيجة لعمرضها لضغط جانبي من اتجاهين متضادين أو نتيجة لعمرضها لضغط جانبي من اتجاه واحد بينما تقف في طريقها من الجانب المقابل كتلة صلبة قديمة لا تسمح لها بالتحزح أمام الضغط الجانبي . وعندما تنثنى الطبقات

الصغيرة فإن قطاعات منها تنقوس إلى أسفل وتتكون منها ثنيات^(١) مقعرة Synclines بينما تنقوس قطاعات أخرى إلى أعلى وتتكون منها ثنيات محدبة Anticlines . ولكل ثنية من الثنيات محور Axial plane وجانبان (أو طرفان) Limbs والمقصود بالمحور هو الخط الذي يمد على طول قمة الثنية المحدبة أو على طول قاع الثنية المقعرة ، أما المسوى المحورى فهو المسوى الذى ينصف الزاوية التى بين جانبي الثنية (شكل ٦٤) . وتأخذ الثنيات أشكالا مختلفة على حسب قوة الضغط واتجاهه وسهولة الطبقات ونظامها وقوة مقاومتها وتباين هذه المقاومة من طبقة إلى أخرى أو من موضع إلى آخر ، ولذلك فقد قسمت الثنيات عموما إلى عدة أنواع أهمها هي :

(١) الثنية البسيطة المتماثلة Simple or Symmetrical fold ، وفيها تكون زاويتا ميل الطبقات على جانبيها متساويتين ، كما تظل طبقاتها محافظة على نظامها الأصلي .

(٢) الثنية البسيطة غير المتماثلة Asymmetrical fold ، وهى ثنية بسيطة كذلك إلا أن زاوية ميل أحد جانبيها تكون أكبر نوعا ما من زاوية ميل الجانب الآخر .

(٣) الثنية وحيدة الجانب Monocline ، وهى ثنية يشهد ميل الطبقات في جانب واحد من جانبيها بينما تظل الطبقات أفقية تقريبا أو مائلة قليلا نحو واضح في جانبها الآخر .

(١) يطلق بعض الكتاب العرب على الثنية لفظ طية أو التواء وكلمة الانطاط ذات مدلول واحد ، ولذا رأينا أن اللفظ الأول « ثنية » هو أقرب الانطاط الثلاثة إلى وصف ما يحدث فعلا في الطبقات الصخرية

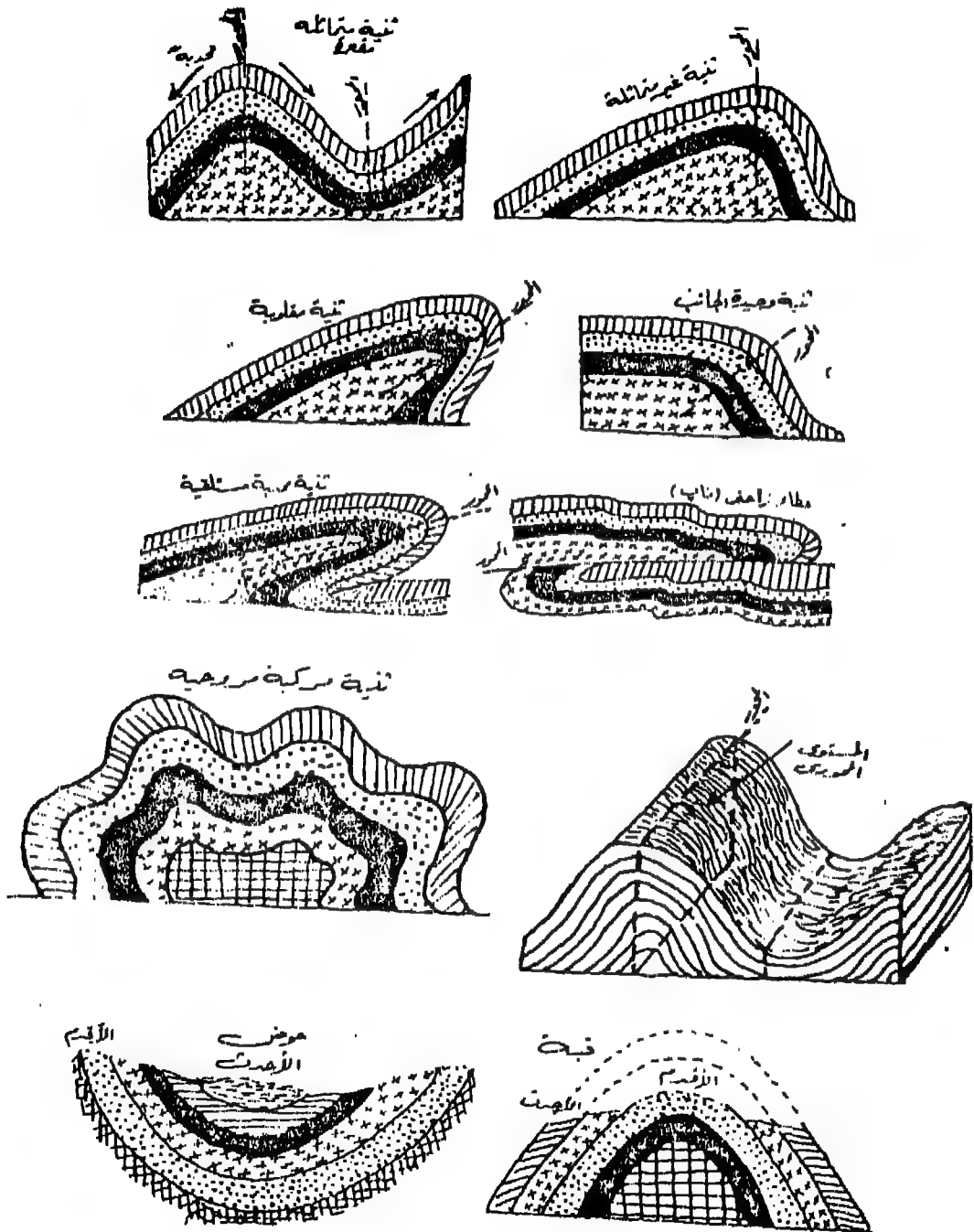
(٤) **الغنية المقلوبة** *Overtured fold* ، وفيها يشد ميل طبقات أحده الجانبين بحيث تزيد زاوية هذا الميل من ٩٠° .

(٥) **الغنية المستقيمة** (أو **المسطحة**) *Recumbent fold* ، وفيها يستلقي أحد الجانبين على سطح الأرض تماماً بحيث يستلقي تحت الجانب الآخر . وفي هذه الحالة يستقل ترتيب الطبقات في الجانب الأسفل بحيث تقع الطبقات الحديثة تحت الطبقات الأقدم منها .

(٦) **الغنية الزاحفة** (*Nappe* ناب) (أو **الغطاء الصخري الزاحف**) ، وهو عبارة عن الجانب العلوي من غنية مستقيمة اضطره الضغط الجانبي الشديد إلى الانفصال عن بقية الغنية والترحل بعيداً عنها ، حيث تؤدي زيادة الضغط الجانبي إلى تصدع الغنية عند محورها وفصل جانبها الأعلى عن جانبها الأسفل . وكلمة « *Nappe* » كلمة فرنسية معناها غطاء . وسنعود للإشارة إلى هذه الظاهرة مرة أخرى عند الكلام على الصدوح .

(٧) **الغنية المركبة** *Composite fold* ، وهي غنية كبرى تضم بداخلها لبنات صغيرة نسبياً ، وهي تتكون عندما تعرض منطقة شاسعة سبق أن تكونت بها مجموعة من الغنيات للانثناء مرة أخرى ، وقد تشغل الغنية التي من هذا النوع عدة آلاف من الكيلو مترات المربعة ولذلك فإنها تشتهر باسم الغنيات الكبرى أو **الافليمية** ، ومنها ما تكون محدبة *Geanticline* ومنها ما تكون مقعرة *Geosyncline* . وقد تكونت بعض البحار الكبيرة ومنها البحر المتوسط في غنية مقعرة من هذا النوع وقد تأخذ الغنية المركبة المحدبة في بعض الأحيان شكلاً مروحياً واضحاً (أنظر شكل ٦٤) .

(٨) **الغنية المنحدرة** *Pitching fold* ، ولها لا يكون محور الغنية أفقياً بل يكون مائلاً على الاتجاه الأفقي سواء من ناحية واحدة أو من ناحيتين . ويطلق على الزاوية التي يصنعها المحور مع الاتجاه الأفقي اسم زاوية الانحدار .



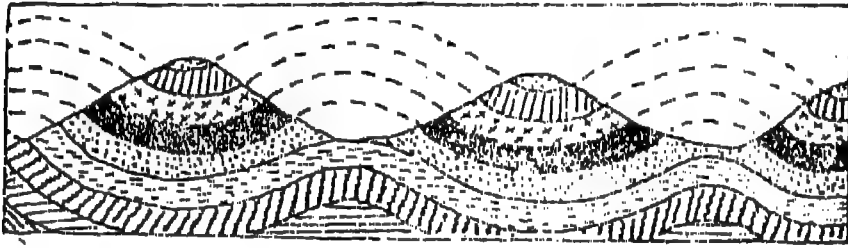
شكل (١٤) أم أشكال التغيرات

٩) القبة Dome والحوض Basin ، وهما تركيبان جيولوجيان يمثل الأول منها ثنية محدبة بينما يمثل الثاني ثنية مقعرة. وهما يشتركان في أن طبقات الصخور تكون مرتبة في كل منها بشكل حلقات حول المركز ، ولكن مع فارق رئيسي وهو أنه لو أخذ قطاع أفقي في كل منها ، أزيلت التعرّبة أعالي كل منهما فإن مكاشف أحدث الطبقات في القبة تكون موجودة على الأطراف وتليها الأقدم فالأقدم كلما اتجهنا نحو الوسط الذي توجد به أقدم الطبقات ، ويطلق على هذا التتابع في علم الطبقات تعبير « قديم Inlier » ، أما في الحوض فإن ترتيب مكاشف الطبقات يكون على العكس من ذلك بمعنى أن مكاشف أقدم الطبقات توجد على الأطراف وأحدثها في الوسط ، ويطلق على هذا التتابع تعبير « حديث Outlier » .

تغير معالم التنيات وانعكاس التضاريس :

بمجرد ظهور التنيات أيا كان نوعها على سطح الأرض فإن عوامل التعرية وعوامل التعرية ، وخصوصا المياه الجارية والجليد والرياح تتعاون على تسوية سطحها بالتدريج ، حيث أنها تعمل باستمرار على نحت وتفتيت الأجزاء الظاهرة من التنيات المحدبة ونقل موادها إلى التنيات المقعرة فيأخذ سطح الأولى في الانخفاض بينما يأخذ سطح الثانية في الارتفاع . وبمرور الزمن يميل سطح المنطقة كلها إلى الاستواء . وتستغرق هذه العمليات عادة أزمنة طويلة جدا قد تصل إلى عشرات الملايين من السنين ، وخصوصا إذا كانت التنيات المحدبة كبيرة الحجم (مثل التنيات التي تتكون منها الجبال الشاهقة) وكانت صخورها شديدة الصلابة . وحتى بعد أن تتم تسوية سطح المنطقة فإن عوامل التعرية قد تستمر في نقل المواد الصخرية من أماكن التنيات المحدبة وتكويها في أماكن

التيات المقعرة، وينتهي الامر بأن تتحول مناطق التنيات المحدبة إلى أحواض منخفضة بينما تتحول مناطق التنيات المقعرة إلى مناب مرتفعة نسبيا . وبطلق على هذه الظاهرة اسم ظاهرة انعكاس التضاريس . Conversion of relief . وهي ظاهرة قليلة الحدوث ولا توجد إلا في مناطق الجبال الاثنتائية القديمة التي مرت على تكوينها مئات الملايين من السنين ومنها مناطق الجبال الموجودة في شمال غرب أوروبا (أنظر شكل ٦٥) .



شكل (٦٥) انعكاس التضاريس

ولكن مما حدث من تغير في مظاهر السطح فإن الاستدلال على وجود التنيات المحدبة أو التنيات المقعرة يظل أمرا ميسورا بواسطة الجيولوجيين الذين يمكنهم أن يحددوا نوع التنيات على أساس ميل طبقات الصخور وترتيبها الزمني حتى أنه من الممكن إعادة تصور الشكل الذي كانت عليه التنيات قبل أن تخضع معالمها الظاهرية .

الحركات الانثنائية الكبرى خلال العصور الجيولوجية :

إن الانثناءات الكبرى التي تعرضت لها قشرة الأرض خلال العصور الجيولوجية المختلفة هي أمم نتائج العوامل التكتونية التي ساهمت في تكوين

الأشكال التضاريسية العكسية وأهمها الجبال الانثنائية (الالعواوية) التي تشغل نطاقات ضخمة في مختلف القارات . وقد هبطت هذه الجبال على ثلاث مراحل رئيسية تعرضت قشرة الأرض خلالها إلى حركات تكثونية عنيفة لم تقتصر أثرها على حدوث الانثناءات الكبيرة بل صاحبها كذلك كثير من النشاط البركاني وكثير من التعدد في بعض المناطق . ونظراً لعنف الحركات العكسوية التي حدثت في هذه المراحل فقد أطلق عليها بعض الباحثين تعبير « الثورات العكسوية » . ولتمييز المراحل الثلاث لهذه الحركات فقد سميت كل منها باسم منطقة من المناطق الجبلية التي تكونت أثناءها في قارة أوروبا ، لأنها هي القارة التي أجريت فيها معظم الأبحاث المتعلقة بانشأة الجبال وتطورها . وقد حدثت هذه الحركات في ثلاثة أزمنة جيولوجية هي الزمن الأول والزمن الثاني والزمن الثالث ، وكانت تفصل بعضها عن بعض ملايين من السنين . ومعنى ذلك أن الجبال التي كونتها حركات الزمن الأول قد مضى عليها منذ نشأتها حتى الآن أكثر من مائتا مليون سنة . وخلال هذا العمر الطويل لم تتوقف عوامل التجوية أو عوامل التعرية عن إزالتها وتغيير معالمها ولذلك فقد فقدت معظم ارتفاعها وتحولت إلى تلال قليلة الارتفاع أو سهول منخفضة ، بل إن التضاريس قد انعكست في بعض أجزائها . إلا أن بعض هذه المناطق ما لبثت أن تعرضت في مراحل تالية لحركات تكثونية أخرى أعادت إليها بعض ارتفاعها . أما الجبال التي نشأت نتيجة لحركات الزمن الثالث فإن عمرها يتراوح بين مليونين وخمسة عشرة مليون سنة فقط ، وهو عمر قصير نسبياً ، ولذلك فإن عوامل التعرية لم تهبط الوقت الكافي لإزالتها أو حتى التقليل كثيراً من ارتفاعاتها فبقيت لهذا السبب محتفظة بخصائصها وعظم ارتفاعها وأصبحت تمثل في الوقت الحاضر أعظم

النطاقات الجبلية فى العالم ويطلق عليها عموماً اسم «الجبال الانثنائية الحديثة» ، أو «الانثناءات الألبية» أو «الحركات الألبية» نسبة الى جبال الألب التى تنتمى إليها .

والحركات التكتونية الرئيسية التى حدثت فى الأزمنة الجيولوجية المذكورة هى :

أولاً - الحركات الكاليدونية Calidonian Movements : وقد سميت بهذا الاسم نسبة الى مرتفعات كاليدونيا فى شمال اسكتلندة ، وقد حدثت معظم هذه الحركات فى أواسط الزمن الجيولوجى الأول وخصوصاً فى العصر السيلورى والعصر الديقونى . وتوجد الجبال التى تكونت بسببها فى معظم القارات وأشهرها هى مرتفعات شمال اسكتلندة وبعض مرتفعات شمال غربى إنجلترا وبعض مرتفعات غربى ويلز وشمال أيرلندة ومرتفعات اسكتلندة وبعض مرتفعات شمال أيرلندا وفى أمريكا الشمالية بدأ بناء مرتفعات الأبالاش بواسطة هذه الحركات ثم اكتمل بواسطة الحركات التالية وهى الحركات الهيرسينية . وفى استراليا يظهر هذا النوع من الجبال فى مقاطعة سوث ويلز . وفى أمريكا الجنوبية يظهر فى الاطراف الشرقية لهضبة البرازيل - وفى افريقيا يمثلها بعض مرتفعات جواررة فى الصحراء الكبرى .

ثانياً - الحركات الهيرسينية Hercynian Movements : وقد سميت بالهيرسينية نسبة الى مرتفعات الهارتز فى ألمانيا ، حيث أنها تمثلها أحسن تمثيل وهى نفس الحركات التى يطلق عليها فى بريطانيا وغرب فرنسا اسم «الحركات الأرموريكية Armorican M.» أو «الحركات الفارسية Variscan M.» . وقد حدثت خلال القسم الأعلى من الزمن الجيولوجى الأول ، وخصوصاً فى العصر الفحمى والعصر البرمى ، فهى أحدث من الحركات الكاليدونية ببضع عشرات الملايين من السنين ، وتوجد الجبال التى تكونت بسببها فى معظم القارات الى الجنوب من المرتفعات الكاليدونية ، وهى غالباً أكثر منها ارتفاعاً بسبب حداثتها النسبية من جهة وبسبب تعرضها فى عصور لاحقة لحركات رفع جديدة

من جهة أخرى . وأهم الجبال التى ينتمى إليها هى جبال جنوب أيرلندة وجنوب ويلز وجنوب غرب المجلترا ، فى إقليم كورنويل ، وجبال غرب أوروبا ووسطها مثل هضبة فرنسا الوسطى وهضبة بوهيميا وجبال السويد والفوج والغابة السوداء وبعض مرتفعات اسبانيا وخصوصاً الهضبة الانكسارية الوسطى او الميزيتا ومرتفعات بريتى فى شمال غرب فرنسا وجبال اورال . وتمثلها فى اسيا كثير من جبال أرمنيا وبعض جبال آسيا الصغرى وجبال إقليم بيكال وجبال خنجان وتيان وشان وبعض مرتفعات الصين مثل مرتفعات تسن لون ، كما تتمثل فى أرخبيل الملايو وبعض جزر اندونيسيا مثل جزيرة جاره وجزيرة بورنيو وفى استراليا تنتمى إليها معظم الجبال الشرقية ، وفى أمريكا الشمالية يتكون منها نطاق يمتد فى شرق القارة الى الجنوب من نهر سنت لورانس ، ويشمل معظم مرتفعات الابلش وفى امريكا الجنوبية يوجد بعضها فى شمال باتاجونيا حيث تمثلها سلاسل سيراكور دوبا وسيراغنتانا ، كما انها ساهمت فى بناء مرتفعات الابلش .

ثالثاً - الحركة الألبية Alpien Movements : وهى أحدث الحركات الرئيسية التى تعرضت لها قشرة الارض ، وقد بدأت مقدمتها فى أواخر الزمن الجيولوجى الثانى وبلغت أوجها فى الزمن الثالث ثم استمرت بعض ذبولها فى اوائل الزمن الرابع . ونظراً لحداثتها ولأن الجبال التى نشأت بسببها تمثل أعظم مظاهر التضاريس فى الوقت الحاضر فقد كان اهتمام الباحثين بدراساتها اكبر من اهتمامهم بالجبال القديمة وقد تبين انها تتباين فيما بينها تبايناً واضحاً على حسب العصر الذى تكونت فيه ولذلك فإنها تقسم الى ثلاثة أقسام هى الجبال الالبية القديمة التى نشأت فى أواخر الزمن الثانى وأوائل الزمن الثالث والجبال الالبية المتوسطة التى نشأت فى أواسط الزمن الثالث ثم جبال الالبية الحديثة التى نشأت فى أواخر هذا الزمن واستمرت ذبولها فى أوائل الزمن الرابع .

وتوجد الجبال الالبية فى الوقت الحاضر فى نطاقات ضخمة تتفق مع ما يعرف بإسم نطاقات الضعف فى قشرة الارض ، وهى النطاقات التى ظلت حتى وقت

قريب عرضة للحركات التكتونية بل وما زالت حتى الآن معرضة لمثل هذه الحركات ، كما يدل عليها توزيع مناطق البراكين . وقد تكونت الجبال الإلتوائية الحديثة من طبقات الرسوبية الضخمة التي تراكت بمرور الزمن في قاع بعض البحار الداخلية القديمة التي كانت تفصل الكتل القارية الصلبة القديمة بعضها عن بعض ومن أهمها بحر تيثيس وبحر الروكي . ففي العالم القديم تمتد الانشاءات الألبية بين الشرق والغرب في نطاق ضخم يبدأ من سواحل المحيط الأطلسي في غرب أوروبا وشمال أفريقية ويشمل جبال الأطلس في أفريقيا ، وجبال الألب والسلاسل الجبلية المتصلة بها في أوروبا ، ويواصل امتداده في آسيا ليشمل أهم السلاسل الجبلية المرتفعة في آسيا الصغرى والقوقاز وإيران وأفغانستان وسلاسل جبال هيمالايا وامتدادها في برما والملايو وجزر أندونيسيا وجزر صوندا وهو يلتقي هنا بنطاق آخر يمتد نحو الشمال في شرق آسيا وفي الجزر القريبة من سواحلها الشرقية مثل جزر الفلبين وجزر اليابان . وفي العالم الجديد تشغل الإثناءات الألبية نطاقاً يمتد لبضعة آلاف من الكيلو مترات في غرب الأمريكتين ويشمل سلاسل جبال روكي وسلاسل جبال الأنديز .



شكل (٦٦) توزيع الكتل الصلبة والجبال الإلتوائية في العالم

الصدوع (أو الانكسارات)

FAULTS

ماهيتها وأسبابها .

كثيرا ما تؤدي الحركات الأرضية إلى حدوث صدوع مختلفة الأحجام والاتجاهات في الصخور بمختلف أنواعها ، ويطلق على هذه الصدوع كذلك تسمية « الانكسارات » أو « العيوب » . ويكون الصدع (أو الانكسار) مصحوبا في غالب الأحيان بانزلاق في الطبقات التي توجد على جانبيه بحيث ينقطع امتداد هذه الطبقات فتظهر الطبقات الصغيرة على أحد جانبيه في مستويات مختلفة من مستوياتها على الجانب الآخر . وعلى الرغم من أن حركات الانزلاق في أغلب الصدوع تكون من أعلى إلى أسفل أو العكس إلا أنها قد تكون في بعض أنواعها في اتجاه جانبي .

وكما هي الحال بالنسبة للاختناكات فإن الصدوع بمختلف أنواعها تنشأ نتيجة للحركات التكتونية المختلفة ، سواء منها الحركات البطيئة أو الحركات المبرصة والمفاجئة . ويجب ألا نخلط بين الصدوع وبين المفاصل Joints والشقوق Cracks التي توجد بكثرة في كتل الصخور بمختلف أنواعها والتي تتكون بسبب تقلص الصخور أثناء جفافها أو برودتها ثم تساعد عوامل التبريد وعوامل التجوية على توسيعها أو على ملئها بالرواسب في بعض الأحيان . وكثيرا ما تقاطع المفاصل والشقوق بعضها مع بعض فتؤدي إلى تقسيم الكتلة الصخرية إلى قطع متراصة قد تأخذ أشكالا خاصة كما يحدث في كثير من الصخور النارية والصخور الرسوبية (راجع شكل ٣١) .

أجزاء الصدع :

تستخدم عند دراسة الصدوع عدة تعبيرات من أهمها :

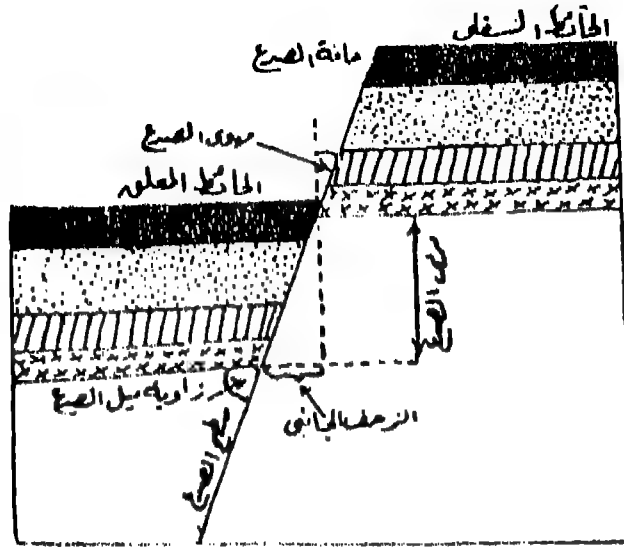
١ - سطح الصدع Plane of Fault ، وهو السطح الذي يحدث فيه الانزياح والذي تنزلق على طول طبقات الصخور . وعندما يكون هذا السطح مائلا يكون له حائطان أحدهما هو الحائط المعلق Hanging Wall ويقصد به كتلة الصخور الملاصقة لسطحه العلوى والثانى هو الحائط السفلى Foot Wall ويقصد به الكتلة الملاصقة لسطحه السفلى .

٢ - رميه الصدع Throw of Fault - وهي المسافة الرأسية التي تنفصل بها منسوب الطبقات على جانبي الصدع ، وهي تختلف من بقع سلتيمترات إلى مئات من الأمتار ، ويطلق تعبير الرمية إلى أسفل Downthrow على المسافة التي تحركها أحد الجانبين إلى أسفل ، وتعبر الرمية إلى أعلى Uptthrow على المسافة التي تحركها أحد الجانبين إلى أعلى .

٣ - ميل الصدع Dip of Fault ، وهو الزاوية المحصورة بين سطح الصدع والمستوى الأفقى . ويمكن أن يحسب ميل الصدع كذلك على أساس الزاوية المحصورة بين سطحه وبين المستوى الرأسى . ويطلق على هذه الزاوية تعبير Hade of Fault (أو موى الصدع) .

٤ - الزحف الجانبي Heave of Fault ، وهو المسافة الأفقية التي زحفتها الطبقات على جانبي الصدع .

٥ - الحافة الضدمية Fault Scarp ، وهي الحافة الصخرية التي تعلل الجزء الظاهر من سطح الصدع .



شكل (٦٧) أجزاء الصدع

الأنواع الصدوع

نظرا لتنوع القوى والعوامل التي تتدخل في عمليات التصدع ، كما سبق أن ذكرنا ، فإن الصدوع تأخذ أشكالاً مختلفة ، ولذلك فإنها تقسم إلى عدة أنواع أهمها ما يأتي :

١ - الصدع العادي Normal Fault : وهو أكثر الأنواع وجوداً ، وهو يحدث غالباً بسبب الشد العنيف ، ولذلك فإنه يعرف أيضاً بصدع الشد Tension Fault ، ويتأرب على مثل هذا الصدع اتساع المنطقة المتأثرة به نتيجة لانزلاق حافته العلوى وحافته السفلى ، ويتوقف مقدار هذا الانساع على طامين هما مقدار زاوية ميل الصدع ومقدار رميه ، والعمد هو أن تكون رمية جانبه العلوى إلى أسفل بينما تكون رمية جانبه السفلى إلى أعلى .

٢ - الصدع المعكوس Reverse Fault : وهو يحدث نتيجة لعضض المنطقة لضغط جانبي شديد ولذلك فإنه يعرف كذلك بصدع الضغط

« Compression Fault » ، وفيه تكون رمية الحائط المعلق إلى أعلى بينما تكون رمية الحائط السفلى إلى أسفل ويترتب على ذلك نقص في المسافة الأفقية للمنطقة التي حدث بها الصدع ، وهذا عكس ما ينجم من الصدع العادي .

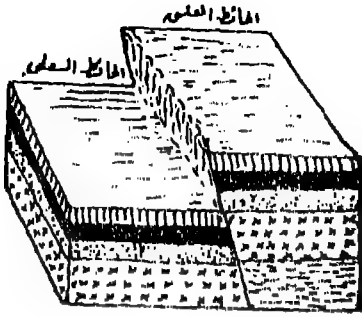
٣ - الصدوع المتدرجة أو السلمية Step Faults : وهي عبارة عن مجموعة من الصدوع المتوازية التي نرى كلها في اتجاه واحد وتؤدي إلى ظهور سطح الأرض بشكل درجات ، وبمعنى في ذلك إن كانت الصدوع مادية أو معكوسة.

٤ - الصدع الزاحف (أو الغشاء) Overthrust Fault : وهو يمثل مرحلة تالية للصدع المعكوس ، ويحدث نتيجة لتزايد الضغط الجانبي بدرجة تؤدي إلى زحف الحائط المعلق فوق الحائط السفلى ، وفي هذه الحالة تختفي بعض الطبقات الحديثة تحت طبقات أقدم منها . وقد يحدث الصدع الزاحف كذلك نتيجة لزيادة الضغط الجانبي على إحدى التكتلات المستقلة حيث تؤدي هذه الزيادة إلى تصدعها ، وإذا استمر تزايد الضغط فقد يؤدي إلى زحف الجانب الأعلى لهذه الكتلة واتصاله تماما من جانبها الأسفل ، ويتكون من الجانب الزاحف في هذه الحالة ما يعرف باسم « الناب Nappe » (أو الكتلة الزاحفة) أو (الغطاء الصخري الزاحف) . وقد يؤدي استمرار الضغط الجانبي إلى زحف هذا الغطاء عشرات الكيلو مترات . إلا أن هذه العملية بطيئة جدا وأسفرت مئات الآلاف من السنين .

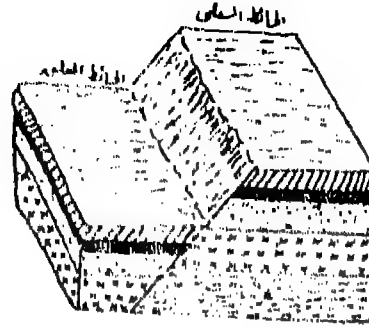
ومن الواضح أن الغطاء الصخري الزاحف ، يرتبط في نشأته بحركات الالتئام وحركات التصدع مما وأن القوة الرئيسية التي تسببها الضغط الجانبي .

٥ - صدوع التمزق Tear Faults : وهي تختلف عن الصدوع العادية والصدوع المعكوسة في أن حركات الزحف فيها لا تكون من أسفل إلى أعلى أو العكس بل تكون غالبا في اتجاه أفقي ، بينما تكون في قليل منها في حركة دائرية . ويحدث الزحف الأفقي مادة نتيجة لتعرض قسمي معجولين من

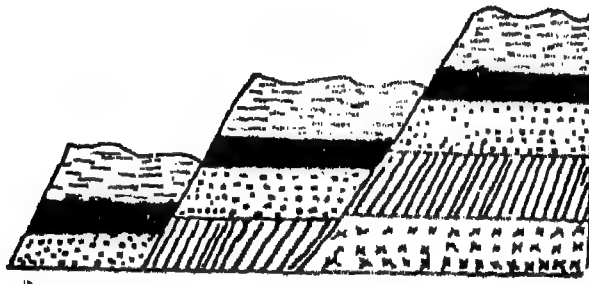
— ٢١٤ —



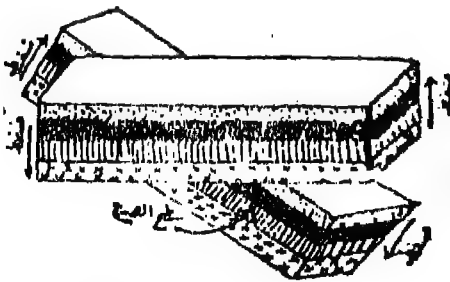
شكل (٦٩) صدع عادي



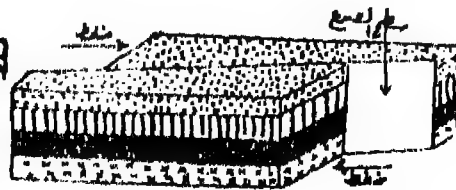
شكل (٦٨) صدع معكوس



شكل (٦٣) صدع سلمي



شكل (٧٢) صدع انزلاقي



شكل (٧١) صدع عادي

التركيب الصخري لضغوط أفقية من اتجاهين معاكسين ، فقد يؤدي ذلك إلى تمزق هذا التركيب ودخف جزءه منه زحفاً أفقياً في اتجاه مضاد لزحف جزئه الآخر .

ويهتم الصدع الذي يحدث في التربة المستقرية والذي يؤدي إلى تكوين الغطاء الزاحف ، أو التاب Nappe ، نوماً من الصدوع الزاحفة ، وقد يحدث أن يتصدع الغطاء عند دخفه بحيث يتخلف قسم منه عن بقية الغطاء . ويحدث ذلك إذا ما اخترعت طريق هذا الغطاء قاعدة صلبة لا يستطيع دحرجتها أو كسرها فيتخلف قسمه الأسفل بينما يستمر قسمه الأعلى في دخفه .

ويهتم الصدع المعروف باسم الصدع الدوراني Rotational Fault نوماً آخر من صدوع العزق ، وهو يحدث إذا تحركت الصخور بشكل دائري حول محور أفقي أو رأسي ، وهذا النوع من الصدوع هو الذي يؤدي غالباً إلى حدوث الهزات الزلزالية .

الأهمية الجغرافية للصدوع .:

تظهر الأهمية الجغرافية للصدوع في كثير من جوانب الدراسات الجغرافية ، فبالإضافة إلى أنها مظهر مهم من مظاهر سطح الأرض فإنها هي المسئولة عن تكوين بعض المظاهر التضاريسية والأشكال الجيومورفولوجية المهمة ، كما أنها تتدخل كذلك في نظام تصريف المياه السطحية وفي حركة المياه الجوفية وتكوين خزاناتها ، وفي تكوين المبالد البترولية ، وفي إظهار بعض الزوايا المعدنية الموجودة في صخور القشرة ومن الواضح أنها تؤدي كذلك إلى خلق بيئات متنوعة في مناطق حدوثها . وأنها تتدخل في توجيه طرق المواصلات وفي توزيع مراكز العمران وغير ذلك من مظاهر النشاط البشري ، وفيها إلى شرح موجز لأهميتها في بعض النواحي الجغرافية المذكورة .

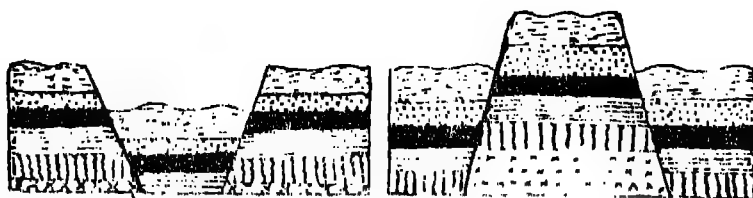
١ - أهميتها في تشكيل سطح الأرض :

إن الصدوع في حد ذاتها تعتبر مظاهر فيزيوغرافية مهمة ، وهي تأخذ كما سبق أن بينا أشكالاً معينة ، وبالإضافة إلى ذلك فإنها هي المسؤولة عن تكوين بعض المظاهر التضاريسية المعروفة ومن أهمها :

١ - الوديان الصدعية (أو الانكسارية) Graben أو Rift Valleys ^(١) ، وهي تتكون نتيجة لحركات صدعين متوازيين (أو أكثر) وهبوط الأرض بينهما ، وقد يحدث في نفس الوقت ارتفاع في الأرض الموجودة على جوانبها الخارجية وأشهر الوديان الصدعية في العالم هو الوادي الصدعي الإفريقي العظيم African Great Rift Valley ، ويبلغ طوله أكثر من ستة آلاف كيلومتر ، وهو يبدأ من بحيرة ملاوي (نياسا) في شرق القارة ويمتد شمالاً حيث يتفرع في مضيق البحر إلى فرعين أحدهما يجري وتقع فيه بحيرة تنجانيقا المتصلة بنهر الكونغو ، وبمضيق إدوارد وألبرت المتصلان بنهر النيل ، والآخر شرقي وتقع فيه بحيرة رودولف وسلسلة من البحيرات الأخرى الصغيرة . ويواصل هذا الفرع امتداده شمالاً ليضم خليج عدن والبحر الأحمر وخليج العقبة والبحر الميت وغور الأردن وينتهي في سهل الغور بجنوب سوريا . ويعتبر وادي نهر الراين بين مرتفعات الفوج والغابة السوداء مثالا واضحا كذلك للوديان الصدعية .

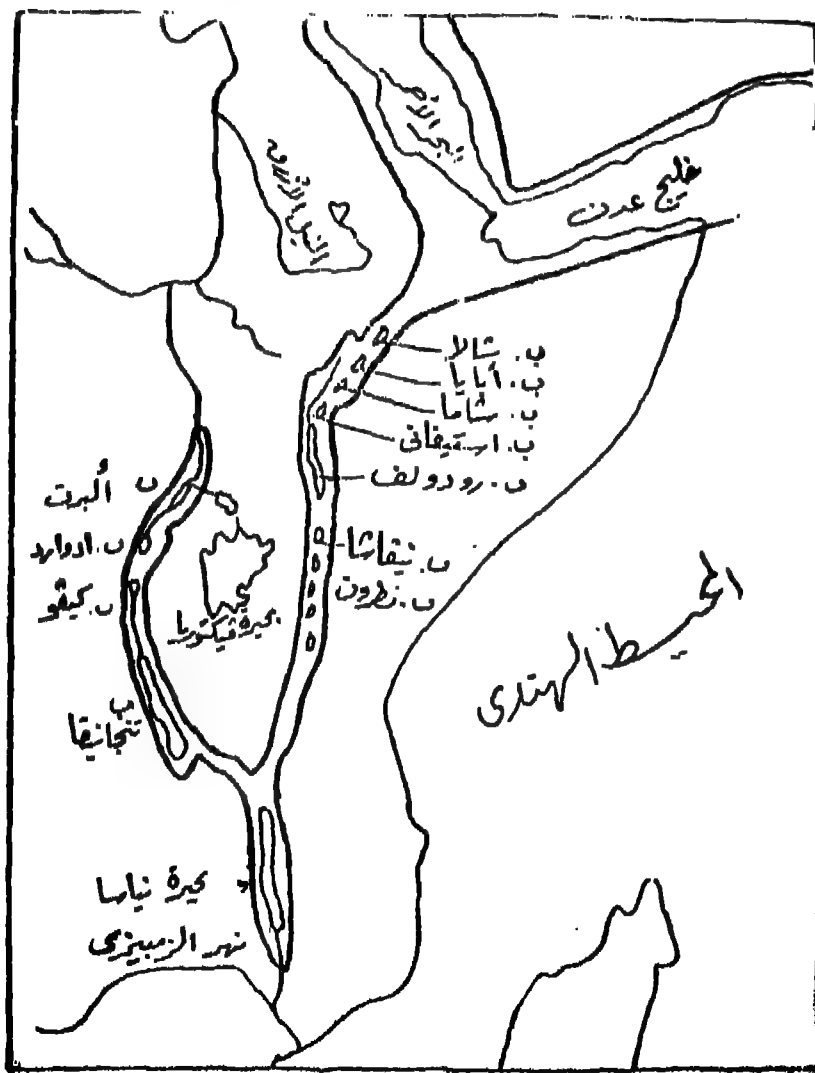
٢ - الهضاب الصدعية Horsts : وهي تنشأ نتيجة لارتفاع الأرض بين صدعين متقابلين . وقد يحدث في نفس الوقت هبوط في الأرض الواقعة على جانبيها الخارجيين ، ومعنى ذلك أن الحركات التي تسببها تكون معاكسة للحركات التي تسبب الوديان الصدعية . وقد توجد سلسلة من الهضاب والوديان الصدعية

(١) هذه السلسلة مأخوذة من أصل ألماني .



شكل (٧٣) مضخة صناعية

شکل (۷۴) وادی عیدمی



شكل (٧٥) اعداد الرادى الصدمى الأخرى العظيم في شرق أفريقيا ،
وأهم البعيريات التي توجد في قاعه

متجاورة في منطقة واحدة على حسب عدد الانكسارات التي تحدث فيها .
وتعتبر منطقة الفوج والغابة السوداء ومضيق بوهيميا في وسط أوروبا من
أوضح الأمثلة على ذلك .

٣- الحافات الصدعية Fault Scarpe : ويتصدى بها الحافات التي تتكون
نتيجة لرمية الصدع إلى أسفل أو إلى أعلى حيث يؤدي ذلك إلى ظهور القسم
الأعلى من سطح الصدع بشكل حافة يختلف ارتفاعها على حسب مقدار
الرمية ، وتختلف شدة انحدارها على مقدار زاوية ميل الصدع . وبمعزل
ظهور هذه الحافة فإنها تتعرض لعوامل التعرية وعوامل الذرية مما كل
وتراجع وتفقد كثير من معالمها ، وتتراكم الرواسب عند قاعدتها وتتكون
منها بعض التلال الرسوبية والمراوح الفيضية Alluvial Fans .

وإذا لم تكن الحافة الصدعية قد تأكلت تماما ونقلت كل معالمها فمن
الممكن الاستدلال عليها بعدة مظاهر منها أن يكون سطحها (وهو نفسه
سطح الصدع) مصقولا نتيجة لاحتكاك جانبي الصدع ببعضها عند انزلاقها
وكثيرا ما توجد على نفس السطح خدوش طويلة عميقة في نفس اتجاه حركة
الانزلاق ، وهي تحدث نتيجة لوجود قطع صخرية شديدة الصلابة بين
الجانبيين المتزلقين وتحركها وهي مضمغطة بينها على طول سطح الصدع أثناء
حركة الانزلاق . ومن الممكن الاستدلال على هذه الحافات أيضا بوجود
رواسب معينة عند قاعدتها وأما ما يعرف بالدقيق الصخري Rock Flour ،
« Fault Breccia » ، ويكون الدقيق الصخري من
رواسب ناعمة تتكون نتيجة لطحن بعض الصخور على سطح الصدع عند
حدوث الانزلاق ، أما البرشيا فعبارة عن قطع صخرية ذات زوايا حادة
وتتكون نتيجة لتعظيم الصخور المجاورة لسطح الصدع .

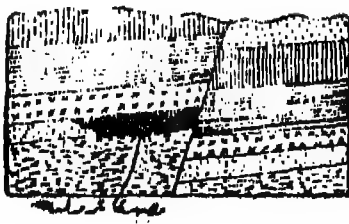
وإذا وجدت الحافة الصدعية في طريق أحد الأنهار فإنها تؤدي إلى

تكوين مسقط مائي Waterfall إذا كان النهر قادما من الجانب المرفع للصدع أو تكوين بحيرة إذا كان قادما من جانبه المنخفض .

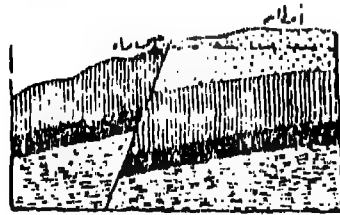
ملاحظات بالياء الجوفية ومصادر البترول :

إذا حدث التصدع في منطقة بها طبقة مياه جوفية أو طبقة بترولية فإنه قد يؤدي إلى انبثاق الماء أو البترول من طريق الصدع ووصوله إلى السطح . ويعوق الارتفاع الذي تصل إليه المياه أو البترول على قوة الضغط الذي يقع على الطبقة الحاوية لها وعلى ماسوب المصدر الذي تغذى منه هذه الطبقة ، ولذلك فقد تندفع المياه أو البترول بعد وصولها إلى السطح بشكل نافورة ، أو تلساب يهدوء ، وقد لا تصل إلى السطح إما بسبب عدم وجود طريق لها إلى سطح الصدع أو لعدم وقوعها تحت أى ضغط .

وقد يؤدي تغير ماسوب الطبقات على جانبي الصدع إلى حلول طبقات صماء محل الطبقة البترولية أو المائية على أحد جانبي الصدع فتتسبب هذه الطبقة ويتجمع الماء أو البترول بشكل خزان . وهذه في الواقع هي إحدى الطرق المعروفة لتكون المصائد البترولية .



شكل (٧٧) مصيدة بترولية صدعية



شكل (٧٦) مئ من ماء صدعية

الفصل الحادى عشر

الحركات التكتونية المفاجئة (١)

EARTHQUAKES

أولا - الزلازل

تعريف - المقصود بالحركات المفاجئة :

المقصود بهذه الحركات هو الحركات التى تحدث فجأة بسبب اضطرابات باطنية سواء فى القشرة الأرضية نفسها أو فى التكوينات التى ترتكز عليها .
وهى لا تستمر إلا وقتاً قصيراً فلا يزيد على جزء من الدقيقة الواحدة ،
وأهمها هى الهزات الزلزالية والثورانات البركانية . وعلى الرغم مما قد تسببه
هذه الحركات من كوارث مروعة فإن علاقتها بتشكيل تضاريس سطح
الأرض لا تظهر إلا فى مواضع محدودة ، وذلك يعكس الحركات البطيئة
التي لعبت الدور الرئيسى فى تكون معظم التضاريس الكبيرة لسطح الأرض
ومع ذلك فإن الآثار الفيزيوجرافية التى تنتج عن الحركات المفاجئة ،
وخصوصاً الظواهر المرتبطة بالثورانات البركانية ، تعتبر من الموضوعات
المهمة التى تستحق العناية عند دراسة الجغرافيا الطبيعية . ومن الثابت أن
نشاط هذه الحركات وتأثيرها كانا أقوى بكثير خلال المصهور الجيولوجية
المختلفة منها فى الوقت الحاضر بسبب تزايد استقرار القشرة ، ومع ذلك فإن
بعض مناطقها لم تصل بعد إلى الاستقرار التام . وهذه هى المناطق التى تسمى
أحياناً بالمناطق الضمنية . وهى توجد فى نطاقات كبيرة تمتد مع الشقوق
التي تكونت فيها سلاسل الجبال الحديثة . ولأن ما زالت تعرض حتى الآن
لهزات زلزالية والثورانات البركانية .

تطور المعرفة بالزلازل :

على الرغم من أن الزلازل قديمة قدم الأرض نفسها وأن كوارثها المدمجة كانت كثيرة الحدوث في الماضي وأنها ما زالت تحدث في الوقت الحاضر بين الحين والحين فإن دراستها على أساس علمي سليم لم تبدأ إلا في أواسط القرن التاسع عشر . وقبل ذلك كانت كل محارلات تفسيرها غير مبينة على أى أسس علمية ، مما ترك المجال لانتشار التفسيرات الخرافية بين العامة في مختلف بلاد العالم ، فما زال بعض العامة حتى في البلاد المتقدمة يرطون حدوثها بوجود حيوان ضخم تحت الأرض ، وبأن هذا الحيوان هو الذى يحركها عندما يقوم بحركات خاصة . إلا أن نوع هذا الحيوان يختلف من بلد إلى آخر على حسب طبيعة البيئة السائدة . ففي مصر وغيرها من بلاد الشرق الأوسط يقولون أنه نور ضخم يحمل الأرض على قرنية وأن الأرض تهتز عندما يتقلها من قرن إلى آخر ، وفي الولايات المتحدة يعتقدون أنه سلحفاة ضخمة ، وفي اليابان يعتقدون أنه ممكة ضخمة يمكنها أن تهز الأرض إذا حرك ذنبها .

وتدخل الدراسة الحديثة للزلازل ضمن علوم الطبيعة الأرضية Geophisics والمعروف أن هذه العلوم لها صلات قوية بعلوم طبيعية أخرى مثل علوم الجغرافيا الطبيعية والجيولوجيا والطبيعة . ومع التقدم السريع في كل هذه العلوم وغيرها انسلخت منها علوم كثيرة تخصص كل منها في أحد الفروع الدقيقة ومن بينها علم السيسموجرافيا Seismography^(١) ، أو علم دراسة الزلازل .

وإن كان الإنسان قد استطاع بفضل التقدم العلمي أن يحصى نفسه

(١) الاسم العلمى للزلازل هو Seismos ، وهى كلمة يونانية قديمة تستخدم بمعنىاتها المختلفة في الدراسات العلمية الخاصة بهذا الموضوع ، وعلى هذا الأساس أطلق اسم « سيسموجراف Seismograph » على جهاز قياس الموجات الزلزالية ، وطهرت تعبيرات أخرى مشتقة من نفس الاسم .

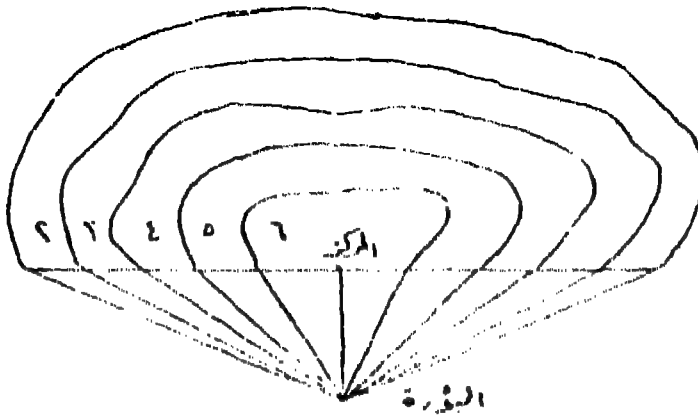
من بعض الظواهر الطبيعية الخطيرة ، فإنه ما زال عاجزا عن أن يحصى نفسه من خطر الزلازل ، لأنها تحدث دائما فجأة وبغير انذار . وقد حاول بعض العلماء المهتمين بدراسة الزلازل أن يوصلوا إلى طريقة يمكن بواسطتها التنبؤ باقتراب حدوثها ، ولكن جميع المحاولات لم تصادق نجاحا يستحق الذكر ، وكل ما أمكن عمله لتفليل المسار التي تنجم عنها في المناطق التي تتعرض لها هو إقامة المباني بشكل خاص وبمواد معينة تستطيع مقاومة الهزات الأرضية . فقد تبين مثلا أن الأسمنت المسلح هو أصح مادة للبناء في هذه المناطق . وكلما كان حجم البناء صغيرا وارتفاعه قليلا كانت مقاومته للهزات الأرضية كبيرة ، والمباني المشيدة على أرض صخرية صلبة والتي تعمق أساسها في الأرض لمسافة كبيرة تكون كذلك أقدر على تحمل هذه الهزات من المباني التي تقام على السطح أو التي لا تعمق في الأرض بالقدر الكافي الذي يحفظ لها توازنها عند حدوث الهزات الأرضية .

أسبابها وتعدد مراكزها :

أوضحت الدراسات الحديثة أن هناك نوعين من الزلازل ، يلتصق أحدهما من حدوث حركات تكهنية مفاجئة ويطلق عليه لهذا السبب تعبير « الزلازل التكهنية Tectonic Earthquakes » ، وأم الحركات التي تسبب هذا النوع هي حركات التصدع وما يصاحبها من انزلاق وانزياح الصخرية تحت سطح الأرض ، أما النوع الثاني فيربط حدوثه بالتورانات البركانية وما يصاحبها من حركات عنيفة تؤدي إلى اندفاع المواد المتصهرة أو الغازية بقوة بين طبقات الصخور ، ويطلق عليه تعبير « الزلازل البركانية Volcanic Earthquakes » وهي أقل حدوثا بصفة عامة من الزلازل التكهنية والنقطة التي يبدأ منها الزلازل تكون عادة موجودة على مدى عدة كيلومترات تحت سطح الأرض . وهذه النقطة هي التي تعرف باسم « البؤرة الزلزالية Seismic Focus » ومن هذه البؤرة تنتشر الموجات الزلزالية في

جميع الانجاعات تقريبا . وأول نقطة تصل إليها على السطح هي النقطة التي تقع فوق البؤرة ، ويطلق عليها اسم « المركز السطحي » Epicentre .
وقد تبين من دراسة عدد كبير من الزلازل ، أن البؤرة في معظمها كانت على أعماق تقل عن ثمانية كيلو مترات تحت سطح الأرض وأنه من النادر جدا أن يزيد عمقها عن ٥٠ كيلو مترا ، وبمجرد مولد الزلزال في بؤرته تنتشر موجاته في كل الاتجاهات ويظهر تأثيرها على السطح في كل المنطقة المتأثرة به ، ويتوقف اتساع هذه المنطقة على درجة شدة الزلزال ، فقد يصل اتساع هذه المنطقة في الزلازل العنيفة إلى بضعة ملايين من الكيلو مترات المربعة ، بل وقد يصل تأثيرها أحيانا إلى كل بقاع سطح الكرة الأرضية . ولكن لا يشترط أن يشعر بها الإنسان في كل هذه البقاع ، وإنما نسجلها بأجهزة القياس فقط في البقاع النائية .

والذي يهمنا على أي حال هو المنطقة التي تؤثر فيها الهزات الزلزالية بشكل محسوس ، وهذه المنطقة يمكن تحديدها على الخريطة بواسطة خطوط توصل بها الأماكن التي تتساوى فيها آثار الزلازل كما تدل عليها مظاهر التدمير والتخريب أو مجرد الحركات التي تحدث في المباني وغيرها من الأجسام ، وكما تدل عليها كذلك أجهزة القياس ، ويطلق على هذه الخطوط اسم « خطوط الشدة الزلزالية المتساوية » Isoseismal Lines . وتكون هذه الخطوط غالبا بشكل دوائر غير منتظمة حول المركز العلوي ، ويلاحظ أن هذا المركز لا يكون معروفا لأول وهلة ، وأن هذه الخطوط هي التي تساعد بعد رسمها على تحديده . وترسم بنفس الطريقة خطوط أخرى توصل بها الأماكن التي تصل إليها الهزات الزلزالية في وقت واحد . ويطلق عليها اسم « خطوط الوقت الزلزالي المتساوي » Homoseismal Lines ، ويمكن بواسطتها كذلك تحديد مركز الزلزال .



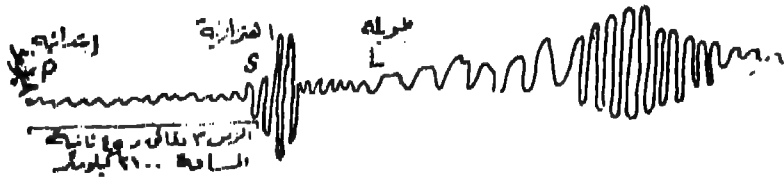
شكل (٧٨) خطوط الشدة الزلزالية المتساوية

انتقال موجاتها :

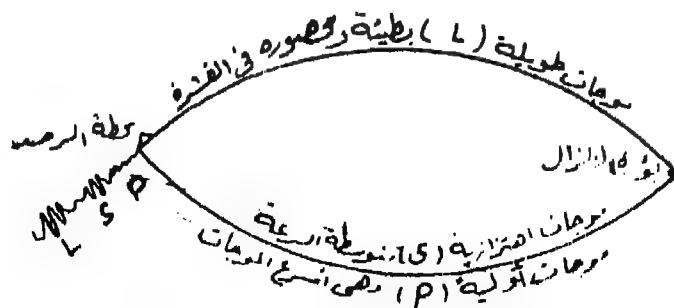
للتقلل الهزات الزلزالية بشكل موجات تختلف في سرعتها وفي أطوالها وأشكالها على حسب الوسط الذي تخترقه ، ويؤدي تباين سرعتها إلى أن بعضها يسبق بعضها الآخر ، ويسجلها جهاز القياس (السيسمو جراف) بنفس ترتيب وصولها . وهي تظهر على خريطة الجهاز بشكل خط متعرج تعمل فيه على الترتيب ثلاثة أنواع من الموجات يشغل كل منها قسما معينا منه . وهذه الموجات على حسب ترتيب وصولها إلى الجهاز ، هي :

١ - موجات ابتدائية (P) Primary : وهي أسرع الموجات وأولها وصولا إلى الجهاز ، ويمثلها القسم الأول من الخط . وهي موجات تضاعفية Compressional تشبه ذبذبات انتقال الصوت في الهواء ، أي أنها تنقل في حركة أمامية خلفية ، وهي تسير تحت السطح مخترقة الطبقات السفلى بالقدرة ، وتؤدي إلى ذبذبة الوسط الذي تخترقه في نفس اتجاه سيرها . وتتراوح سرعتها بين ٥٠٠ و ١٣٠٨ كيلومترا في الثانية . ولكنها تزداد كلما تعمقت في باطن الأرض .

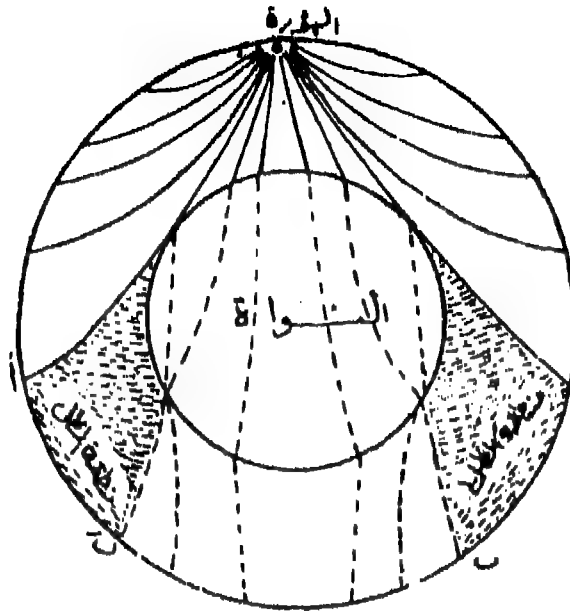
ب - موجات اهتزازية (S) Shake (or Shear) Waves : وهي التي تسمى كذلك بالموجات الثانوية . وهي موجات سرعته ، ولكنها أقل سرعة من الموجات الابتدائية ، ولذلك تأتي بعد مباشرة ، ويعملها القسم الأوسط من الحقل الذي يسجله السيسموجراف . وهي موجات مستعرضة Transverse تأخذ في حركتها اتجاهات معاكسة على الاتجاه العام لسيرها . وهي تشبه التموجات التي تحدث في حبل مشدود عند اهتزاز اهتزاز رأسها . وهي تسير تحت السطح بخلقة الطبقات السفلى من القشرة ، شأنها في ذلك شأن الموجات الابتدائية . وتتراوح سرعتها بين ٣٥٧ و ٧٠٤ كيلومترا في الثانية . وتزداد سرعتها كلما تعمقت في باطن الأرض ، ولكنها تنكسر عند اختراقها للنفوذ بسبب اختلاف تركيبها . وقد استفاد الباحثون من دراسة الموجات الزلزالية الأولية والاهتزازية في معرفة كثير من الحقائق عن تركيب باطن الأرض



شكل (٧٩) خريطة رشمها السيسموجراف لأحد الزلازل



شكل (٨٠) انتقال الموجات من البؤرة إلى إحدى محطات الرصد القائمة بالزئزال مباحرة



شكل (٨١) اختراق الموجات الزلزالية للكرة الأرضية

المحطات الواقعة بين البؤرة والنقطتين أ و ب تصلها كل الموجات مباشرة ، والمحطات الواقعة بين النقطتين أ و ب وبين النقطتين أ و ب تقع في منطقة الظل ولا تصلها الموجات الابتدائية ، والمحطات الواقعة بين النقطتين ب و ب تصلها الموجات الضعيفة بعد اختراقها النواة .

ج - موجات طويلة Long Waves (L) : وهي موجات مستعرضة تتحرك بنظام يشبه النظام الذي تنتقل به الأمواج على سطح الماء ، وهي تخترق الطبقات السطحية وتأخذ في سيرها خطأً موجياً تزداد قوتها بالانعكاس بين أسفل الطبقات وأعلاها ، ولذلك فإنها تقطع في رحلتها طريقتين أطول من النوعين الآخرين فتصل لهذا السبب متأخرة نسبياً ويمثلها القسم الأخير من الخط الذي يرسمه السيسموجراف . وتبلغ سرعتها حوالي أربعة كيلومترات في الثانية . ونظراً لأنها تتحرك عند سطح الأرض فإنها هي المسؤولة عن معظم ما يسببه الزلزال من تدمير وتخريب .

درجات الشدة الزلزالية :

على الرغم من أن الكوارث الزلزالية لا تحدث في الوقت الحاضر إلا في اوقات متباعدة نسبياً ، وبمعدل لا يزيد عموماً عن كارنتين او ثلاث في السنة فإن الهزات الزلزالية الخفيفة كثيرة الحدوث جداً لو حسبناها في كل انحاء العالم حتى أنه لا يكاد يمر أى يوم دون أن تحدث عدة هزات في مناطق متفرقة ، ولكن أكثر الهزات يمر دون أن تكون له آثار محسوسة ، بل إن كثيراً منها يكون أضعف من أن يشعر به الانسان ولكنه يسجل بواسطة أجهزة السيسموجراف . ومن أشهرها الجهاز الذى ابتكره الباحث الالماني ريختر حوالى سنة ١٩٢٩ وعلى أساسه قسمت الزلازل الى ١٢ درجة وأعطى لكل منها رقماً خاصاً . وحتى في حالة عدم وجود السيسموجراف فإن درجات الزلازل يمكن أن يستدل عليها ببعض العلامات كما هو مبين في الجدول التالي :

درجات الزلازل ونوعه	بعض العلامات الدالة عليه
(١) زلزال جهازى Instrumental	لا تدل عليه الا أجهزة السيسموجراف .
(٢) ضعيف جداً Very Feeble	لا يشعر به الا ذوى الحساسية المرفهة .
(٣) ضعيف Slight	يشعر به الناس أثناء الراحة .
(٤) متوسط Moderate	يشعر به الناس أثناء الحركة والعمل وتهتز بسببه النوافذ والابواب .
(٥) شديد Rather Strong	يستقيظ الناس وتهتز الاشياء المعلقة وتدق أجراس الكنائس .
(٦) عنيف Strong	يحدث بعض التخريب وتسقط الزجاجات الموضوعة على الرفوف .

- (٧) هزيف جدا Very Strong
تتشقق بعض الجدران ، ويحدث فرغ شامل بين الناس .
- (٨) مخرب Destructive
تسقط المداخل والمآذن ويحدث بعض التضرر في بعض المباني .
- (٩) مدمر Ruinous
تتداعى بعض المباني ويسقط قابل من الضحايا .
- (١٠) مروع Disastrous
تهدم كثير من المباني ، وتحدث بعض الانهيارات الأرضية ، ويسقط عدد غير قابل من الضحايا .
- (١١) مروع جدا V Disastrous
تنهار أغلب المباني ، وتحدث بعض التشوهات في قشرة الأرض وتتعطم السدود وينشئ قعبان السكك الحديدية ويسقط مئات الضحايا .
- (١٢) كارثة زوالية Catastrophic
دمار شامل وتصدعات في قشرة الأرض وحرارتي واسعة الانتشار وفيضانات وضحايا بالآلاف .

وتحدد منطقة الزلزال على الخريطة بواسطة خطوط الشدة الزلزالية المتساوية التي سبق أن تكلمنا عنها . ونقسم المنطقة التي نغطيها هذه الخطوط إلى نطاقات برقم كل منها بالرقم الذي يدل على شدة الهزات التي تعديها ، كما نوضحها الآثار الناجمة عنها حسب ما ورد في التقسيم السابق . ويسمى على معرفتها بالتقدير التي تعمل من المناطق المختلفة التي تأثرت بالزلزال . وأشد المناطق تأثرا بالهزات هو النطق الذي يقع حول المركز مباشرة وتناقص شدتها كلما ابتعدنا عن هذا المركز ، ويمكن الاستدلال على قوة الزلزال

بصفة عامة من الرقم الذى يمثل درجة الشدة فى نطاقه المركزى ، فى الزلازل المتوسطة الشدة يكون رقم النطاق المركزى ٥ أو ٥ ويتناقص كلما ابتعدنا إلى الخارج بينما يكون رقمه فى الكوارث المتجمعة ١٢ - وقد لوحظ عمومًا أن التخريب الذى يحدث فى المركز نفسه يكون أقل نوبًا مما منه فى النطاق المحيط بهذا المركز . والسبب فى ذلك هو أن الموجات التى تصل إلى هذا المركز تكون من أسفل إلى أعلى ، وتؤدي إلى اهتزاز المباني فى اتجاه رأسى . وتكون هذه الحركات الرأسية أقل تخريبًا من الحركات الأفقية .

أمثلة لبعض الكوارث الزلزالية :

لا شك أن كثيرًا من الكوارث الزلزالية التى حدثت فى العصور التاريخية القديمة أرقبها كانت أفظح بكثير من أى كارثة من الكوارث التى سجلت خلال العهود الحديثة . ولكننا لا نعرف أى شئ عنها ، وحتى الكوارث التى سجلها التاريخ فى عهود القديمة والوسيلة لا يمكن أن تشمل كل الكوارث التى حدثت فى تلك العهود حيث أن مناطق شاسعة من العالم كانت لا تزال مجهولة تمامًا فى تلك العهود بل وفى بعض عهود التاريخ الحديث نفسه ، وربما تكون الكوارث الزلزالية التاريخية التى وردت أخبارها أقل بكثير من الكوارث التى لم تصلنا أخبارها . وفيما يلى أمثلة قليلة لبعض الكوارث الزلزالية الحديثة .

أمثلة لبعض الزلازل الحديثة المشهورة

المنطقة التي ضربها وتاريخه	أهم نتائجه
١ - شمال الباكستان - ديسمبر سنة ١٩٧٤ .	دمرت تسع قرى وقتل عشرة آلاف شخص .
٢ - مدينة ماناجوي (نيكارا جوا) - ديسمبر سنة ١٩٧٢ .	دمرت المدينة كلها وقتل خمسة آلاف شخص .
٣ - شمال شيلي مارس سنة ١٩٦٥ .	انهار أحد السدود واندفعت المياه الحملة بالرواسب الطينية والرملية والأحجار فأغرقت مدينة والكوبرو ودمرتا وقتل حوالي ٦٠٠ شخص .
٤ - مدينة أنكوريج (ألاسكا) - مارس سنة ١٩٦٤ .	دمرت المدينة وحدثت تصدعات في القشرة الأرضية وقتل بضعة آلاف شخص .
٥ - مدينة أسكوبيل (بوغو - لافيا) - يوليو سنة ١٩٦٣ .	دمرت المدينة كلها وقتل ١٢٠٠ شخص .
٦ - قرب إيران - سبتمبر ١٩٦٢ .	دمرت ٧٥ قرية وقتل حوالي عشرين ألف شخص .
٧ - شمال شرق إيران - أغسطس سنة ١٩٦٨ .	دمر العديد من القرى والمدن في منطقة واسعة وقتل بمسكون ألف شخص .
٨ - مدينة بورت روبال (جاميكا) - يونيو سنة ١٩٦٢ .	دمرت المدينة وقتل حوالي عشرين ألف شخص وحدثت انزلاقات أرضية خطيرة فبهرت أكثر من نصف المدينة إلى البحر .

- ٩ - مدينة أغادير بالمغرب - فبراير
سنة ١٩٦٠ .
دمرت المدينة كلها وقتل عشرين
ألف شخص
- ١٠ - أكوادور سنة ١٩٤٩ .
حدثت انهيارات أرضية خطيرة
دفنت كثيرا من القرى وسدت
جري أحد الأنهار فمكنت مكانه
بحيرة كبيرة .
- ١١ - مقاطعة كانسو (الصين) سنة
١٩٢١ .
دمرت المدن والقرى في منطقة
شاسعة وانهارت تربة اللويس
فانصدت الأنهار وحدثت فيضانات
خطيرة . وقتل مائتا ألف
شخص .
- ١٢ - مقاطعة كانسو (الصين) سنة
١٩٢٧ .
تكرر ما حدث في سنة ١٩٢١ وقتل
مائة ألف شخص .
- ١٣ - طوكيو و هو كوهاما (اليابان)
سبتمبر سنة ١٩٢٣ .
دمرت المدينتان ، وحدثت موجات
تسونامي أغرقت مناطق واسعة
وتشذبت الأرض في أماكن
كثيرة وبلغ عدد القتلى أكثر من
ربيع مليون شخص .
- ١٤ - ميسينا (إيطاليا) سنة ١٩٠٨
حوالي ١٦٤ ألف شخص .
دمرت المدينة وما حولها وقتل
- ١٥ - كاليفورنيا سنة ١٩٠٩ .
حدثت حركة انزلاق واضحة في
القشرة وتغير ملمس سطح
الأرض في بعض المناطق بمقدار
ثمانية أمتار .

- ٢٣٢ -

١٦ - خليج ياكونات (الاسكا سنة ١٨٩٩ . حدثت تصدعات فى القشرة وارتفعت بعض المناطق الساحلية بنحو ١٠ : ١٥ متراً .

١٧ - مقاطعة شانجوج (الصين) سنة ١٨٥٢ . حدثت تصدعات فى القشرة الارضية وإنشق مجرى جديد لنهر هوايجو الادنى فتحول النهر فجأة إلى المجرى الجديد وأصبح مصبه يقع الى الشمال من المصب الاصلى بنحو ٤٥٠ كيلومتر .

١٨ - حوض المسيسيبي الادنى سنة ١٨١١ . هبطت مناطق واسعة فى ولاية ميسورى وتينيسى ، وتكونت بحيرات جديدة منها بحيرة ريل فوت Reelfoot فى تينيسى ويبلغ قطرها ٢٨ كيلومترا .

١٩ - لشبونة (البرتغال) سنة ١٧٥٥ . انشقت الارض على طول أحد الانهار وابتلعت مياهه بما عليها من زوارق ، كما ابتلعت رصيفاً قوياً كان مبنياً على جانبه وغاص معه الناس الذين فروا من منازلهم وتجمعوا فوقه ، وإنطبقت الارض على كل ما ابتلعت ، كما حدثت موجات «تسونامى» عاتية اغرقت مناطق واسعة . وبلغ عدد القتلى خمسين ألف شخص .

٢٠ - شرق تركيا اكتوبر ١٩٧٥ . قتل ٥٠٠٠ شخص .

٢١ - شرق تركيا نوفمبر ١٩٧٦ . دمر عدد كبير من القرى وقتل ٥٠٠٠ خمسة آلاف شخص .

٢٢ - شمال شرق تركيا (أرضروم) دمرت ٣٠ قرية وقتل أكثر من ٢٠٠٠
اكتوبر ١٩٨٣ . نسخة .

٢٣ - شرق ايران سبتمبر ١٩٧٨ قتل ٢٠ ألفاً دمرت بعض المدن الكبرى
وعدد كبير من القرى .

٢٤ - جواتيمالا (أمريكا) دمر نصف البلاد تقريباً ، وازلت
الوسطى) فبراير ١٩٧٦ . عشرون على الأقل من بينها العاصمة
جواتيمالا . قتل أكثر من ٢٢ ألف وجرح
أكثر من ٧٥ ألفاً . انتشرت الأوبئة .
فكان لابد من إحراق الجثث . استمرت
الهزات فتكرر خلال اسبوع كامل حتى
بلغ عددها حوالى ١٠٠٠ هزة .

٢٥ - زلزال اليمن ١٩٨٢ دمر كل قرى منطقة دامار .

٢٦ - زلزال مدينة الاصنام بالجزائر
١٩٨٠ .

زلزال منطقة دامار باليمن
١٩٨٢

زلزال غرب غينيا

تدمير المواصلات : وما يزيد في هول الكوارث للزلازية وكثرة ضحاياها
أن هذه الكوارث تؤدي غالباً إلى تدمير طرق المواصلات ووسائل الانتقال
البرية والنهرية ، حيث تلغى خطوط السمك الحديدية وتدمر الطرق أو
تغطي عليها مياه الفيضانات أو الانهيارات المتتالية ، كما أن نقص الأيدي العاملة
في المدن التي تصيبها الكوارث ، نتيجة لقفل الآلاف من سكانها ، يعتبر كذلك
من العوامل التي تعوق عمليات الإنقاذ وإزالة الأنقاض ، ولذلك فكثر ما
تلقاها الحكومات إلى قوات الجيش للمعاونة في هذه العمليات .

تشقق الأرض وتصدعها : كثيراً ما تؤدي الكوارث الزلازية إلى تشقق
طبقات الأرض وتصدعها ، وقد تهبط بعض المناطق وترفع غيرها وإذا كانت
المطقة الهابطة مجاورة للبحر فقد يؤدي هبوطها إلى اختفائها تحت مياهه ، كما
حدث مثلاً في مدينة بورت رويال (في جامايكا) سنة ١٩٩٤ حيث هبط جزء
كبير من المدينة وغمرته مياه البحر . وكانت حركات الهبوط واضحة
كذلك في حوض المسيسيبي سنة ١٨١١ حيث هبطت مناطق واسعة من ولايات
مسوري وتينيسي وتكرونت في أجزاء منها بحيرات جديدة . وفي الزلزال
الذي ضرب مدينتي طوكيو وهوكو عام ١٩٢٣ هبطت أجزاء من قاع
خليج سايجي الذي نشأ الزلزال تحت قاعه بأكثر من ٣٠٠ متر . أما
حركات الرفع فقد كانت واضحة في زلزال هاكوتات في ألاسكا سنة ١٨٩٩
حيث ارتفعت بعض المناطق الساحلية حوالي ١٥ متراً . وقد يحدث في حالات
نادرة أن تشقق الأرض وتبلع بعض ما على السطح من مظاهر ثم تنطبق
على ما ابتلعه ، وقد قيل أن هذا قد حدث بشكل واضح أثناء زلزال لشبونة
سنة ١٧٥٥ ، كما سبق أن بينا . وقد كانت هذه الحادثة بالذات واحدة من
الدوافع القوية التي حلت الباحثين على توجيه اهتمام أكبر إلى دراسة الزلازل
على أساس علمي صحيح .

موجات التسونامى Tsunamis (أو امواج البحر الزلزالية Seismic) :

(Sea Waves) ، وهي موجات بحرية عالية جدا تسببها الزلازل العنيفة التي تنشأ تحت قاع البحر أو بالقرب منه وكلمة تسونامى أصلها يابانى حيث أن جزر اليابان تشتهر بحدوث هذه الموجات ، وقد يزيد ارتفاع موجة التسونامى على ثلاثين مترا ، ويزيد طولها على ٢٥٠ كيلو مترا ، وقد تبلغ سرعتها أكثر من ٧٠٠ كيلو متر في الساعة ، ولذلك فإنها تندفع فوق المناطق الساحلية التي تصادفها بقوة هائلة لتدمر كل مظاهر الحياة والعمران في المناطق التي تدمرها . وقد حدث في كثير من الكوارث الزلزالية أن كانت الخسائر التي سببها هذه الأمواج أكثر بكثير من الخسائر التي نجمت من مظاهر التخريب الأخرى . ولا تقتصر خطورة هذه الموجات على المناطق القريبة من مركز الزلزال بل إنها قد تسافر لمسافات طويلة جدا لتضرب مناطق ساحلية بعيدة عن مراكز نشأتها حتى أن بعضها قد يمس المحيط الهادى كله ، وقد حدث هذا فعلا في بعض الكوارث الزلزالية مثل زلزال شيلي سنة ١٩٦٠ حيث اندفعت موجة تسونامى عظيمة الارتفاع والامتداد نحو الشرق بسرعة هائلة فضررت الجزر التي كانت في طريقها ، ومنها جزر هاواي ، ثم وصلت إلى سواحل اليابان حيث أحدثت كثيرا من التدمير والتخريب وقتلت حوالي مائتي شخص . وذلك على الرغم من وصول تحذيرات سابقة بقدومها . وقد استغرقت رحلتها عبر المحيط (حوالي ١٦ ألف كيلو متر) ٢٣ ساعة . وقد حدثت موجات تسونامى كذلك أثناء زلزال اليابان سنة ١٩٢٣ وفي زلزال لشبونة سنة ١٧٥٥ . وقد كانت الخسائر التي نجمت عنها في هذه المدينة أضخم بكثير من الخسائر التي نجمت عن بقية عوامل التدمير الأخرى .

ونظرا لطول الرحلة التي يمكن أن تقطعها موجة التسونامى عبر أخذ المحيطات فانه من الممكن التحذير منها واتخاذ بعض الاحتياطات للتقليل من أضرارها . ولكن نظرا لسرعة تحركها فإن التحذير من خطورها لا يسبق وصولها إلا بوقت لا يزيد عن ساعات اليوم الواحد ، ولذلك فانه حتى في

الحالات التي تم فيها التحذير قبل وصولها بعد ساعات كانت الخسائر التي نجمت عنها كبيرة ، كما حدث في اليابان سنة ١٩٦٠ عندما وصلت موجة تسونامى ضخمة من الجانب الشرق للمحيط الهادى بسبب زلزال شول ، الذى سبقت الإشارة إليه . فعلى الرغم من التحذيرات التي سبقت وصولها فقد نجم عنها قتل مائتى شخص وهدم عشرات الآلاف من المباني .

التوزيع الجغرافى للزلازل :

على الرغم من أن الهزات الزلزالية يمكن أن تسجل في أية بقعة في العالم فإن المراكز التي تنشأ فيها الزلازل تتركز بصورة عامة على النطاقات الضيقة من قشرة الأرض ، وعلى نطاقات الانثناءات والانكسارات الحديثة التي ظلت حتى عصر البليستوسين عرضة لحركات تكديونية كثيرة من أمها الحركات الابلية الحديثة التي تنتمى إليها أعظم السلاسل الجبلية في العالم ، وتقع هذه النطاقات هي التي تشتهر كذلك بكثرة ثوراناتها البركانية . وبذلك توزيع الزلازل في العالم على أن هناك نطاقين رئيسيين لحدوثها ونطاقين آخرين أقل منها أهمية .

والنطاقان الرئيسيان هما رقم ١ ورقم ٢ ، أما النطاقان الصغيران فهما رقم ٣ ورقم ٤ فيما يلى :

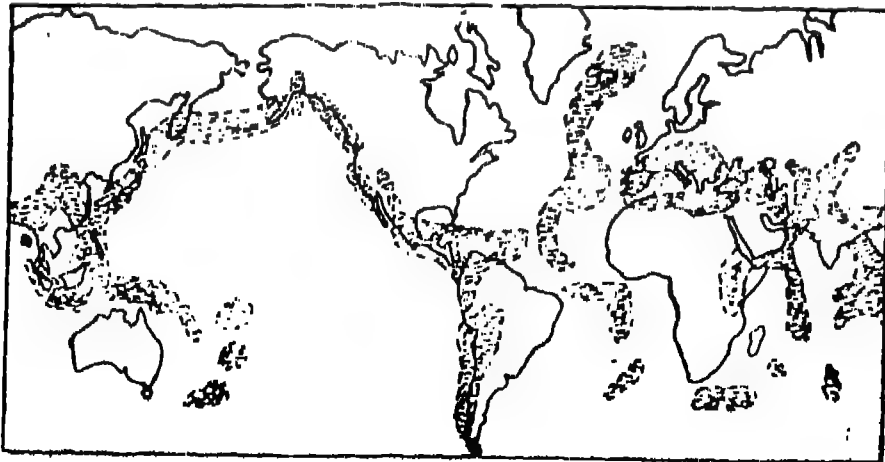
١ - نطاق يمتد حول المحيط الهادى ويشمل المناطق الساحلية في غرب الأمريكتين وغرب آسيا بما في ذلك نطاقات الجزر القريبية منها وكذلك الجزر الواقعة إلى الشرق من استراليا . ويمكننا أن نضم إلى هذا النطاق كذلك جزر الهند الغربية وقد تبين أن حوالي ٦٨٪ من الزلازل التي سجلت في العالم قد نشأت في هذا النطاق ، وهو نفس النطاق الذى يشتهر باسم « الحلقة النارية Fire Ring » بسبب كثرة براكينه .

٢ - نطاق يمتد في قلب العالم للقديم بين الشرق والغرب ، وهو يبدأ

على سواحل المحيط الأطلسي في الغرب ما بين جزر الرأس الأخضر (كيب
فرد Cape Verde) في غرب أفريقيا حتى شمال البرتغال ، ومن هنا يواصل
امتداده نحو الشرق في جنوب أوروبا وإقليم جبال أطلس ويستمر حتى شرق
البحر المتوسط ليجعل كل آسيا الصغرى وإيران والنطاقات الجبلية الواقعة
جنوب بحر قزوين وجبال هيمالايا ثم يتفرع نحو الشرق إلى فرعين أحدهما
يواصل امتداده شرقا إلى الصين بينما يتصرف الثاني نحو الجنوب الشرقي في
آسام وماليزيا والجزر الإندونيسية حيث ينتهي بالنطاق الأول . وقد نشأ في
هذا النطاق حوالي ٢١ ٪ من الزلازل التي سجلت في العالم .

٣ - نطاق يمتد في وسط المحيط الأطلسي من أقصى شماله إلى أقصى جنوبه
متمشيا مع الشق الطولي الذي يوجد في وسط السلسلة المرتفعة الممتدة في
وسط هذا المحيط . ويواصل هذا الشق امتداده نحو الجنوب ثم يدور حول
الطرف الجنوبي لإفريقيا ، ويتجه نحو الشمال في غرب المحيط الهندي .

٤ - نطاق يمتد في شرق إفريقيا على طول الوادي العميق العظيم .



شكل (٨٢) المناطق الرئيسية للزلازل

الفصل الثاني عشر

الحركات التكتونية المفاجئة [ب] النشاط البركاني

VOLCANIC ACTIVITY or VULCANICITY

مظاهر النشاط البركاني :

المقصود بالنشاط البركاني بأوسع معانيه هو خروج أى مادة من المواد من باطن الأرض أو من طبقات القشرة نتيجة لحدوث تغيرات أو حركات أرضية من أى نوع . أما بمعناه الضيق فإن المقصود به هو خروج المواد الباطنية المنصهرة إلى السطح وعلى درجة حرارة عالية ، سواء أكان هذا الخروج مصحوبا بانفجارات عنيفة أو كان بصورة انسيابات هادئة .

وعلى أساس المدلول الواسع لهذا النشاط فإنه يشمل المظاهر الآتية :

١ — البراكين المركزية (أو العادية) Volcanoes ، وفيها تندفع المواد المنصهرة الحارة (اللابا) من فتحة واحدة وتتراكم بشكل مخروط حول هذه الفتحة .

٢ — غطاءات اللابا Lava Sheets ، وفيها تنساب المواد المنصهرة بحدود من شقوق في القشرة وتنتشر فوق منطقة واسعة .

٣ — الميون والناورات الحارة Hot Springs and Geysers .

٤ — البراكين الطيلية .

وكما هي الحال في الزلازل فإن النشاط البركاني كان أكثر حدوثا وأشد عتقا خلال العصور الجيولوجية المختلفة ، بل وخلال العهود التاريخية القديمة

منه في الوقت الحاضر . تبعا لما كانت عليه حالة الأرض من عدم استقرار . والمعروف أن هذا النشاط هو المسئول عن بناء الهضاب والجبال البركانية التي توجد في جومات كثيرة فوق اليابس ، بل وفوق قاع المحيطات . وعلى الرغم من أن النشاط البركاني الذي ما زال يحدث في الوقت الحاضر في أماكن متفرقة من العالم لم يعد يساهم بنصيب يستحق الذكر في المظهر التضاريسي العام لسطح الأرض مومنا فان دراسة هذا النشاط تعتبر جزءا مهما جدا من الدراسات الطبيعية ، وأهمها الدراسات الجغرافية والجيولوجية والجيوفيزيكية .

البراكين

المخروطات البركانية :

إن اندفاع المواد المنصهرة من فمحة محددة في سطح الأرض وتراكمها بشكل تل مخروطي هو المظهر الشائع للنشاط البركاني . وهو في الواقع المظهر الذي نقصده عادة عند الكلام على " البراكين " ، كما أنه هو المظهر الذي ترتبط به الكوارث البركانية العنيفة التي تهر العالم من وقت إلى آخر . وعلى الرغم من أن المخروطات البركانية تتباين فيما بينها من بعض الوجوه مثل الشكل ونوع اللافا والمواد الصلبة التي تتكون منها فإما تشترك في الصفات الرئيسية العامة ، فالمخروط البركاني له عدة أجزاء معروفة تشترك فيها كل المخروطات تقريبا ، وأهم الأجزاء هي :

١ -- القنبرة Conduit ، وهي القناة التي تندفع من طريقها المagma المنصهرة وغيرها من المواد البركانية من باطن الأرض إلى السطح ، وتكون غالبا دائرية وأشبه بالانبوب الطويل المتسع . وهي تواصل امتدادها إلى أعلى وسط المخروط ، ويزداد طولها كلما ازداد ارتفاعه . وتعتمد القنبرة عادة في

اتجاه رأسى ، ولكن قد يحدث مع ذلك أن تفتح المواد المندفعة لنفسها قسبة أو قصبات أخرى جانبية . ويحدث ذلك إذا توقف ثوران البركان لفترة من الزمن وتصبأت اللافا في القسبة الأصلية وسدتها تماما ، فإذا ماد البركان إلى الثوران فإن المواد المندفعة قد تعجز عن شق طريقها عبر القسبة الأصلية فتشق لنفسها قسبة أو أكثر في جانب المخروط .

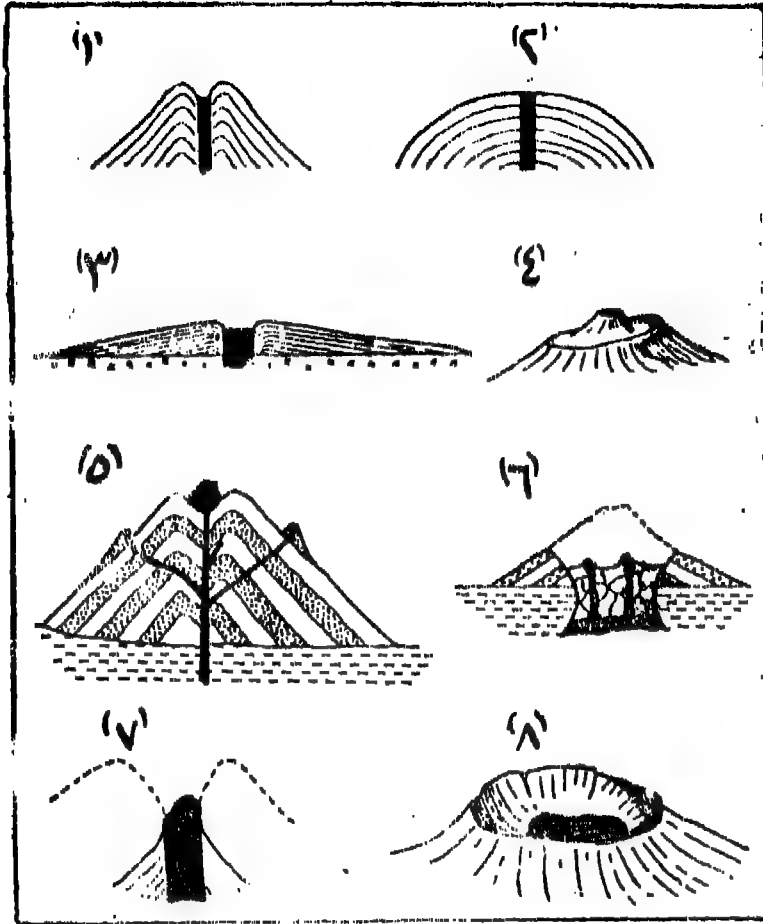
٧ — العنق البركاني Volcanic Neck ، وهو كتلة صخرية شديدة الصلابة تبرز في أعلى بعض المخروطات البركانية القديمة ، وتتمثل جدها من القسبة البركانية التي تتكون من اللافا المتصلبة بعد أن أزيل المخروط من حولها بواسطة التجوية والتعرية .

٣ — الفوهة Vent ، وهي الطرف العلوى للقسبة .

٤ — القمع Crater . وهو الحوض المخروطى الصغير الذى يبدأ من الفوهة ويتسع إلى أعلى ليحتل قمة البركان .

• — المخروط Cone ، وهو جضم البركان نفسه ، وكثيرا ما يشار إليه باسم « البركان » أو الجبل البركاني . وقد يكون المخروط بسيطا ، وهذا هو الغالب ، ولكنه قد يحمل على جانبيه مخروطا صغيرا أو أكثر . ويكون له في هذه الحالة أكثر من قسبة واحدة . ويحدث هذا إذا انسدت القسبة الأصلية واستطاعت المواد المندفعة أن تفتح قصبات جانبية جديدة ، حيث تتركز المواد البركانية حول فوهات القصبات الجديدة وتتكون نتيجة لذلك مخروطات جانبية . ويطلق على المخروط في هذه الحالة اسم « المخروط المركب Composite Cone » .

وتتباين المخروطات البركانية فيما بينها تباينا كبيرا في الحجم ، فمنها ما لا يزيد ارتفاعه من مائة متر ، ومنها ما يصل ارتفاعه إلى أكثر من مائة آلاف متر ، ففي أفريقيا يبلغ ارتفاع مخروط جبل كليماجارو ١٠.٦ أمتار ، وجبل كيليا ٥٦٠٠ متر ، وفي أوروبا يبلغ ارتفاع مخروط بركان إتنا ٣٥٠٠ متر وبركان فيزوف ١٢٠٠ متر .



شكل (٨٣) أشكال بركانية

- (١) مخروط من الرماد البركاني .
- (٢) قبة من اللافا الحمضية .
- (٣) مخروط من اللافا القاعدية .
- (٤) مخروط ثانوي داخل قمع بركاني قديم .
- (٥) مخروط بركاني مركب .
- (٦) كولديرا .
- (٧) منق بركاني كشفته التعرية .
- (٨) بحيرة في كالديرا .

الكولديرا Galdara : وهي شوش كبير الحجم ، جوانبه شديدة الانحدار ويتكون في أعلى بعض المخروطات البركانية . ويرجع تكونه بصفة خاصة إلى انساع القمح بفعل عوامل التعرية وموامل التجوية وانزياح جوانبه ، ولذلك فإن الكولديرا توجد غالبا فوق المخروطات البركانية القديمة التي منى على هدونها وقت طويل ، ولكنها قد تتكون كذلك فوق بعض المخروطات الحديثة إذا ما حدث وهذا البركان لفترة من الزمن ثم تار مرة أخرى ثوراناً عنيفاً بدرجة تؤدي إلى الإطاحة بقممه كلها ، وفي هذه الحالة قد يمتلئ اللجوف الذي تركه لقمة المنطارية ، بالمذوفات الحديثة أو يتكون في وسطه مخروط جديد صغير .

وإذا سقطت الأمطار في منطقة البركان فإن الكولديرا تتحول إلى بحيرة بركانية جوانبها شديدة الانحدار . ويحول المخروط الذي بوسطها (إن وجد) إلى جزيرة صغيرة . وأكبر كولديرا من هذا النوع في العالم هي كولديرة آسو ٨٥٥ في اليابان ويبلغ قطرها ٢٧ كيلومترا . ولا يزال يوجد في وسطها بركان نشط . ومن البحيرات البركانية التي تستحق الذكر كذلك والتي تكونت وسط كولديرات بحيرة أوريخون في الولايات المتحدة . وتوجد في وسطها جزيرة صغيرة تمثل مخروطا بركانيا حديثا ، وكذلك بحيرة كوبا Toba في شمال غرب جزيرة سومطرة .

مخروطات اللافا الحمضية Acidic I. واللافا القاعدية (أو البازلتية) Basic I.

تشترك اللافا التي تنطلق من فوهات البراكين في أنها تكون عند بدء خروجها شديدة الحرارة جدا بحيث تزيد درجة حرارتها مادة عن ١٠٠٠° مئوية ، إلا أنها تنبأين فيما بينها من حيث درجة السيولة التي تقف على نسبة السليكا التي تدخل في تركيبها ، وعلى هذا ألا تنقسم اللافا إلى نوعين

رئيسيين هما : اللافا الحمضية التي تدخل السليكا في تركيبها بنسبة كبيرة ، واللافا القاعدية التي تدخل فيها السليكا بنسبة صغيرة . واللافا الحمضية تكون مادة ثقيلة ولزجة وتتحرك لهذا السبب ببطء شديد وسرمان ما تعصب بمجرد خروجها إلى السطح فتتكون منها مخروطات مرتفعة ولكنها صغيرة المساحة وكثيرا ما تأخذ شكل القباب . ومن أمثلتها المخروطات البركانية الموجودة في جزيرة بوهيميا والقباب التي توجد في جزر ري يونيون Reunion في المحيط الهندي والقباب الموجودة في منطقة ناشونال بارك National Park . في جبال روكي بالولايات المتحدة . أما اللافا القاعدية (البازلتية) فتكون أكثر سيولة وتنساب لمسافات كبيرة قبل أن تبدأ في التعصب . وتكون مخروطاتها لهذا السبب قليلة الأوضاع وتنتهي مناطق أوسع بكثير من مخروطات اللافا الحمضية ومن الطبيعي أن تتزايد درجة السيولة كلما زادت قاعدية اللافا (أي نقصت نسبة السليكا بها) . ويؤدي ذلك إلى انسيابها بعد خروجها بسرعة كبيرة مما يؤدي إلى اتساع المناطق التي تغطرها ، ومن أمثلتها معظم المخروطات البركانية في جزر هوائي (راجع شكل ٣٧) .

واللافا الحمضية مكونة أساسا من مواد جرانيتية ألوانها فاتحة ومائلة إلى البياض أو الرمادي ، الفاتح أو الأحمر ، وعندما تعصب على السطح تتكون منها صخور الريوليت Rhiolite أو الانديسيت . ويكون الريوليت إذا كانت اللافا شديدة الحمضية ، وهو يتميز بألوانه الفاتحة ، أما الانديسيت فيتكون إذا كانت اللافا متوسطة الحمضية وتكون ألوانه داكنة نوعا ما . أما اللافا القاعدية فتتكون أساسا من مواد بازلتية مائلة إلى السواد . وعندما تعصب تتكون منها صخور البازلت .

وتختلط باللافا عند خروجها غازات مختلفة إلا أن غازات اللافا القاعدية تكون أكثر من غازات اللافا الحمضية ولذلك فإن صخور البازلت الناتجة عنها

تحتوي مادة على كثير من الثقوب التي يسببها خروج الغازات منها ويؤدي خروج هذه الغازات من اللافا وخروجها اللافا القاعدية إلى تكون كثير من الفقاعات فوق سطحها، ويكون مظهرها شبيها بمظهر الزبد (الرغوة) وعندما تصلب هذه الفقاعات فإنها تكون الصخر المعروف باسم صخر الخفاف *Pumice* وهو صخر خفيف جداً وتكثر به الثقوب والمسام. وإذا تكون من اللافا الحمضية فإن لونه يكون مائلاً إلى البياض، أما إذا تكون من اللافا القاعدية فإنه لونه يكون مائلاً إلى السواد. وكثيراً ما تتكون فوق سطح اللافا القاعدية طبقة متصلة من الفقاعات المتصلة التي تبدو في هذه الحالة بشكل الزبد، ويطلق على هذه الطبقة لهذا السبب اسم الزبد الصخري *Scoriae*.

النفوآت الجبركانية الأخرى (غير اللافا) :

تنطلق من فوهات البراكين، بالإضافة إلى اللافا السائلة، و مواد أخرى صلبة وغالطية تختلف في أنواعها وكمياتها من بركان إلى آخر، وفيما يلي وصف لأهم هذه المواد.

النفوآت الصلبة :

تتكون هذه النفوآت من حبات صلبة وقطع صخرية مختلفة الأشكال والأحجام، وأهم أنواعها هي : (١) البريشيا البركانية *Volcanic Breccia* وهي قطع صخرية ذات زوايا وجوانب حادة، وهي تلتصق من تكسر الصخر الصلبة التي كانت تسد الفوهة قبل الثوران، ويؤدي انفجار البركان عادة إلى ارتفاعها من الجو مئات الأمتار، (٢) الغدائف البركانية *Volcanic Bombs* وهي عبارة عن كرات ملساء شكلها قريب من شكل الكروي، ويبلغ قطر الواحدة منها حوالي ثلاثة سنتيمترات أو أكثر قليلاً، وهي تتكون من انطلاق قنابل اللافا المنصهرة في الهواء وتصلبها أثناء هبوطها، وهذا هو السبب في أخذها شكل الكروي، (٣) الجرات *Ginders* أو اللاب *Lapilli*

وينة مد بها القاذبة البركانية المصهورة التي يتراوح قطرها بين ثلاثة ساعيةرات ونصف الساعية (٤) الرماد Volcanic Ashes وهو عبارة عن حبات حبيبية صغيرة يتراوح قطرها بين ربع الساعية ونصف الساعية وهي تراكم فوق مخروط البركان نفسه أو تنتشر في مساحات واسعة حوله، وقد تتكون منها طبقة سميكة تكسو سطح الأرض، (٥) الغبار البركاني Volcanic Dust ويشمل أدق المواد الصلبة التي تنطلق من البركان والتي لا يزيد قطر حبيباتها من ربع الساعية، ونظرا لسفعتها فإنها ترتفع عند انفجار البركان إلى علو كبير في الجو، وقد تبقى معلقة بالهواء مدة طويلة وتصلها الرياح العليا إلى مسافات بعيدة جدا، ومن أشهر الأمثلة على ذلك الغبار الذي انطلق من بركان كراكاتوا عند ثورانه سنة ١٨٨٣ فقد ذكر الباحثون أن بعض هذا الغبار ظل عالقا بالجو لمدة عام كامل وأنه دار حول الكرة الأرضية كلها. وإذا حدث وسقطت الأمطار في منطقة البركان (وهو ما يحدث في غالب الأحيان) فإنها تسقط مادة بغزارة متناهية وتختلط عند سقوطها بالغبار فتتحول إلى أمطار طينية وتتكون منها سيول جارفة على جوانب البركان تنفجر المناطق المجاورة وتصببها بخسائر كبيرة، ولكنها قد تؤدي كذلك إلى تكوين طبقات جديدة من التربة البركانية الخصبة.

وقد يكون المخروط البركاني مكونا بأكمله من المواد الصلبة التي سبق ذكرها، وخصوصا من الرماد والحجرات. وتشتهر أيسلندا بصفة خاصة بوجود هذا النوع من المخروطات ومن أشهرها المخروطات القارية من المعاصرة ريكيافيك وعددها حوالي تسعون مخروطا، وتتراوح ارتفاعاتها بين ٤٠ و ٥٠ مترا، وكلها مكونة من الرماد البركاني. ويعتبر بركان دي فويجو Volcano de Fuego في جواتيمالا أعلى مخروط مكون من الرماد البركاني.

في العالم . وبلغ ارتفاعه حوالي ٣٣٠٠ متر ، من أسفله هذه المخروطات أيضا مخروط بركان مونت نوفو Mouto Novo إلى الغرب من نالي في إيطاليا ، وهو بركان حديث العهد جدا وبلغ ارتفاعه حوالي ٥٠٠ متر . وكذلك المخروط الذي تكون في سنة ١٩٣٧ عند خليج بلانش Blanché Bay قرب راباول Rabaul في أرخبيل بسمارك وقد وصل ارتفاعه خلال الأيام الثلاثة الأولى من عمره ٧٢٤ مترا ، وكذلك بركان باريكوتين Paricutina الذي بدأ ثورانه في سنة ١٩٤٣ ووصل ارتفاعه ٤٥٥ مترا .

المذوفات الغازية :

إن المواد الغازية التي تنطلق من البراكين كثيرة ومتنوعة ، إلا أن أهمها هو بخار الماء وبعض غازات الكبريت والكلور والأيدروجين وثاني أكسيد الكربون ، وتقدر نسبة المواد الغازية التي تخرج من البراكين عموما بنحو ٥٪ من مجموع المذوفات البركانية ، وأهم المواد الغازية على الإطلاق هو بخار الماء الذي يكون وحده ما بين ٧٥٪ و ٩٥٪ من مجموعها ولهذا السبب فإن ثوران البراكين يصحب غالبا انهار الأمطار بغرارة متناهية فوق منطقة البركان . وما زال مصدر بخار الماء الذي تطلقه البراكين غير معروف بالضبط ولكن من الممكن أن يكون مستمدا من المياه الموجودة في صخور باطن الأرض منذ نشأتها الأولى أو أنه ينشأ نشأة جديدة عندما يمتزج الأيدروجين الذي ينطلق من البراكين والذي كان واقعا تحت ضغط شديد ، بأوكسجين الهواء . ويطلق العلماء على هذه المياه اسم المياه الجديدة Juvenile Water . وقد يكون بعض البخار المنطلق من البركان مستمدا كذلك من مياه البحار أو غيرها من المياه السطحية التي استطاع بعضها أن يتسرب إلى أعماق كبيرة في قشرة الأرض . وهكذا فإن المياه التي تتكون

من البخار المنطلق من البراكين تعتبر ، ولو بصورة جزئية ، مياهها جديدة تصنف إلى مياه سطح الأرض ، وهذا يؤكد القول بأن الثورانات البركانية العنيفة التي حدثت بكثرة في المراحل الأولى لتاريخ الأرض قد ساهمت مساهمة كبيرة في تكوين مياه البحار والمحيطات .

أما بقية الغازات فهي لها قابلية للاشتعال مثل الإيدروجين . وعندما تختلط هذه الغازات بأوكسوجين الهواء فإنها تشتعل فجأة ويتكون من اشتعالها اللهب الذي يشاهد فوق الفوهة . ويلاحظ أن الغازات التي تنطلق من البراكين ليست ثابتة لاني أنواعها ولا في كمياتها ، فهي تختلف من بركان إلى آخر بل وفي البركان الواحد أثناء مراحل ثورانه في المرة الواحدة أو في المرات المتعاقبة . كما أن خروجها قد يستمر بهدوء نسبيا من بعض فوهات البراكين لعشرات بل لمئات السنين . ومثال ذلك بركان استرابول في جزر لا باري في جنوب إيطاليا حيث تنطلق منه بعض الغازات باستمرار فتشتعل عند قدمه معطية ضوءاً مستمرا . وقد اشتهر هذا البركان لهذا السبب باسم « فئار البحر المتوسط » وقد يصحب الغازات التي تخرج منه في بعض الأحيان خروج الألفا المنصهرة بشكل ثورانات خفيفة «مقطعة» .

السحابة البيلية Poisan Cloud . وقد يحدث أن تكون الغازات المنطلقة من فوهة البركان كثيفة جدا ومختلطة بكميات صغيرة من الغبار والرماد وغيرها من المقذوفات الصلبة، فيظهر هذا الخليط بشكل سحابة ضخمة كثيفة داكنة وشديدة الحرارة جدا . فإذا كانت الغازات مدفوعة من فتحة جانبية فإن هذه السحابة تندفع أفقيا فوق سطح الأرض بسرعة شديدة فتقضي عند اندفاعها على كل مظاهر الحياة والعمران التي في طريقها . وتشتهر بعض البراكين بهذه السحب وخصوصا بركان بيليه Mont Pelee في جزيرة

المرتين Martinique في البحر الكاريبي ، وفي أحد ثورانات هذا البركان (سنة ١٩٠٢) تكونت سحابة ضخمة من هذا النوع وانطلقت بغازاتها السامة وحرارتها المرتفعة وبما تحمله من مواد صلبة كثيرة بسرعة تفوق سرعة أقوى العواصف فاضت في ثوان معدودة على كل ما صادفها من مظاهر الحياة وال عمران بما في ذلك مدينة سانت بيير St. Pierre التي تبعد عن البركان بحوالي ثمانية كيلو مترات ، فدمرتها وقتلت كل سكانها البالغ عددهم حوالي ثلاثين ألفا . وهذه الحادثة بالذات هي التي وجهت نظر بعض العلماء إلى الاهتمام بدراسة هذا النوع من البراكين ، فأعطوا له اسما جديدا انجائزيا منسوبا إلى بركان بيليه وهو « السحابة البيلية » ، ويقابل في اللغة الفرنسية التعبير العلمي « نوبو أردينت » Nuo Ardente .

والمعتقد أن هذه الظاهرة تحدث نتيجة لتجميع كميات ضخمة من السواد الغازية في منطقة المدعى البركان خلال مدة طويلة مع إسداد طريق خروجها إلى السطح ، ففي هذه الحالة تزايد كمياتها ويزداد ضغطها حتى تستطيع في النهاية أن تشق لنفسها طريقا إلى السطح ، وقد تؤدي قوة اندفاعها وضغطها إلى الغذف بالخرائط البركانية كله أو بجمته إلى أعلى ، وقد كان تكون السحب البركانية الكثيفة واضحا كذلك في ثورانات بركانية أخرى غير ثورانات بركان بيليه ، ومنها بعض ثورانات بركان كراكاتوا وبركاني فالكان Vulcan وفيزوف في جزر لا باري بجنوب إيطاليا ، ولكن سحب الغازات الكثيفة كانت في أغلب هذه الثورانات ترتفع إلى أعلى (بخلاف ما حدث في بركان بيليه) وكانت في بعض الأحيان تأخذ الشكل الذي يشبه بعض السحاب بشكل قمره القنيط .

تقسيم البراكين على حسب نشاطها :

لما كانت البراكين من المظاهر الطبيعية التي لازمت الأرض منذ نشأتها الأولى فمن الطبيعي أن يكون بعضها أقدم بكثير من بعضها الآخر وأن يكون بعضها قد انتهى منذ زمن بعيد بعد أن استقرت المنطقة التي ظهر فيها

بينما يكون بعضها الآخر حديث العهد ويكون معرضا للثوران بسبب وجوده في منطقة مازالت غير مستقرة . وعلى هذا الأساس قسمت البراكين تقسيما عاما إلى ثلاثة أنواع هي :

١ - البراكين الخاملة Extinct ويقصد بها البراكين التي ظهرت في العصور الجيولوجية المختلفة ثم توقف نشاطها منذ زمن بعيد ولم يعد يبدو عليها أى مظهر من مظاهر النشاط ، بل ولم يعد من المحتمل أن يظهر عليها أى نشاط في المستقبل . إن استقرت المناطق التي توجد فيها . ومثل هذه البراكين كثيرة جدا ومنشرة في كل القارات ، وتقدر أعدادها بالآلاف ولا يزال معظمها محتفظا بشكله المخروطي الواضح .

٢ - البراكين الهادئة Dormant ، ويقصد بها البراكين التي هدأت منذ وقت قريب نسبيا مثل البراكين التي ظهرت خلال العهد التاريخي القديمة أو الوسيطة ، فمثل هذه البراكين لا تزال معرضة لأن تهدد نشاطها وتثور خصوصا إذا كانت موجودة في منطقة من مناطق الضعف المعروفة في قشرة الأرض ، وهي مناطق الانكسارات الحديثة .

٣ - البراكين النشطة Active ، ويقصد بها البراكين التي ثارت في عهد قريب أو التي تبدو عليها بعض مظاهر النشاط مثل خروج بعض الغازات من فوهاتها . ومثل هذه البراكين معرضة للثوران في أية لحظة . ومن أمثلتها معظم براكين جنوب إيطاليا وأهمها براكين فيزوف وإتنا واسترابولي وبعض براكين اندونيسيا مثل إركان أجونج وبركان كراكاتوا وغير ذلك من البراكين الأخرى المنتشرة في العالم . ويبلغ مجموع هذا النوع من البراكين الهادئة (التي مازال هناك احتمال عودة نشاطها رغم طول مدة هدوئها) ٨٠٠ بركان موزعة في كل القارات ، ونصف هذا العدد تقريبا عبارة عن براكين نشطة بالفعل .

أسباب دوران البراكين :

من الثابت أن دوران البراكين ينشعب عن قوى وتغيرات معينة تحدث في قشرة الأرض أو تحتها . ولكن ليس من السهل تحديد الدور الذي تلعبه القوى والتغيرات المختلفة وعلاقة كل منها بتركيب الباطن وحركات القشرة . خصوصاً وأن الدورانات البركانية لا تأخذ شكاً رأياً شكلاً واحداً بل إنها تختلف من بركان إلى آخر ، ومع ذلك فمن المؤكد أن العوامل التكتونية وما يرتب عليها من تكسر وانثناء لها علاقة قوية بدوران البراكين لأنها قد تؤدي إلى زيادة الضغط الواقع على المagma في بعض المواضع وتقليله في مواضع أخرى ، مما يؤدي إلى انصهار المagma في المواضع الأخيرة إن لم تكن منصهرة بالفعل ثم اندفاعها إلى أعلى بتأثير الضغط الذي تعرض له . وهذا يتفق مع ما هو معروف من وجود كل البراكين النشطة في الوقت الحاضر في مناطق الضعف من قشرة الأرض ، وهي المناطق التي ما زالت غير مستقرة تماماً والتي ما زالت معرضة لحدوث الزلازل ولذلك فإن هناك تطابقاً كبيراً بين توزيع البراكين وتوزيع الزلازل في العالم .

وبالإضافة إلى العوامل التكتونية هناك عوامل أخرى يمكن أن تدخل في الدوران البركاني وفي تحديد طبيعته ومن أهمها التركيب الصخري للمنطقة وتجمع الغازات والابخرة في تركيبات خاصة تمتص فيها ويكون لها في هذه الحالة ضغط شديد جداً ، فإذا ما سبحت لها فرصة للانطلاق فإنها تنطلق بقوة وتندفع وراءها كميات من المagma المنصهرة ، كما تحمل عند انطلاقها كثيراً من الأتربة وأجزاء الصخور التي توجد في طريقها ، وإذا حدث وتسربت المياه السطحية وخصوصاً مياه البحار إلى أعماق كبيرة ووصلت إلى تكوينات المagma فإنها تدخن فجأة ويؤدي تجمع البخار إلى تراكد ضغطه مما يساعد على حدوث الدوران البركاني . ومن الأدلة المهمة التي تذكر لترجيح هذا الرأي أن معظم

البراكين للشظية موجودة بالقرب من البحر ، وأن بخار الماء ينطلق منها عند ثورانها . البراكين ضخمة تؤدي إلى سقوط الأمطار بغزارة في منطقة البركان .

غطاءات اللافا LAVA SHEETS

وهي عبارة عن هضاب ملسة مكونة من اللافا المستعدة من الماجما المنصهرة بعد خروجها إلى السطح من طريق شق أو أكثر من شقوق الفتحة *Fissures* ، وأهم ما يميزها من المخروطات البركانية أن المواد المنصهرة التي كثرها لا تخرج إلى السطح عن طريق فتحة مركزية بل من طريق شقوق عديدة وأن خروجها لا يكون مصحوبا بأي انفجارات بل يكون بشكل انسيابات هادئة ، وأنها لا تشكل أي مخروطات ظاهرة بل تتوزع على مساحة كبيرة من سطح الأرض وتتراكم منها طبقات متعالية كلما تكرر خروج اللافا القاعدية (البازلتية) التي تتميز بسيلتها ، وهذا هو السبب في انتشارها على مساحات كبيرة ، وقد يصل سمك كل طبقة من الطبقات المتراكمة إلى بضعة أمتار إلا أن سمكها الكلي قد يصل إلى ألف متر أو أكثر ، وتكون منها في هذه الحالة هضاب .

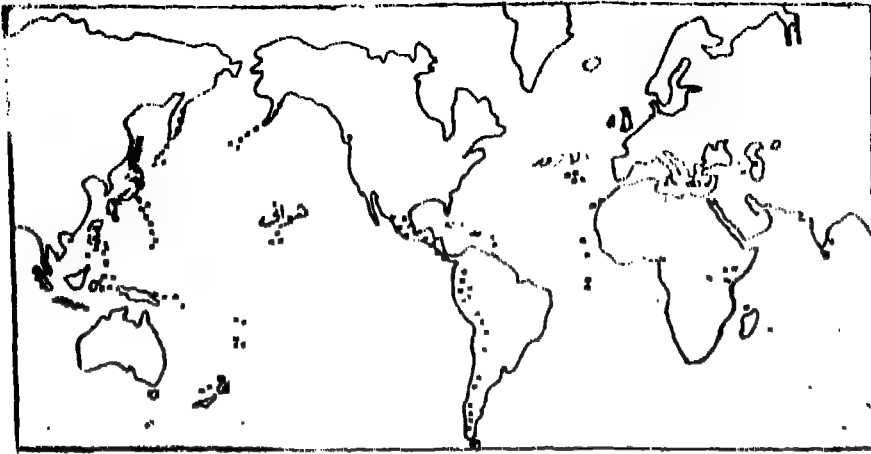
الارتفاع والامتداد .

ومن أمثلة غطاءات اللافا التي تكونت بهذه الطريقة الغطاء العظيم الذي يشغل مساحة كبيرة في غرب الولايات المتحدة ويشغل قسما كبيرا من ولايات واشنطن وأوريغون وأيداهو ، ويتألف مساحة حوالي نصف مليون كيلو متر مربع ، وكذلك الغطاء الذي يشغل مساحة واسعة في شمال غرب هضبة الدكن ويطاق عليه اسم مصائد الدكن *Deccan Trap* ويتألف مساحة حوالي نصف مليون كيلو متر مربع ، وكذلك الغطاءات التي تغطي منطقة واسعة في شمال شرق أستراليا ، والتي تغطي منطقة واسعة كذلك في جزيرة أستراليا (راجع شكل ٣٣)

النشاطات البركانية للبراكين

إن أهم النشاطات البركانية في العالم هو النشاط الذي يمتد حول المحيط الهادى
والذى يشتهر لهذا السبب باسم الحافة النارية، ففي هذا النشاط يوجد حوالي
٨٨٪ من براكين العالم، بعضها نشط وبعضها خامد أو هادى. ويمكننا
أن نتبع هذا النشاط من البراكين ابتداء من جنوب أمريكا الجنوبية نحو
التيال على طول جبال الانديز حتى أمريكا الوسطى والمكسيك، ويوجد في
جبال روكى عدد كبير من البراكين الخاملة، ولكن أغلبها لم يخمد إلا في
أزمنة حديثة نسبيا. ثم تظهر البراكين النشطة مرة أخرى في ألاسكا. ومن
هنا يواصل النشاط امتداده في جزر ألوشيان وشبه جزيرة كوششوكا ثم في
جزر كوريل واليابان وفرمودة والفلبين حتى مجموعة جزر ملقا Moluccas.
وهناك نطاق آخر يمتد عبر جزر أندونيسيا ويكاد يتصل بالنطاق السابق
عند جزر ملقا. وهو يبدأ في جنوب برما ويمتد عبر جزر اندمان وسومطرة
وجاوة وإيربان وجزر سليمان حتى نيوزيلندة. ويعتقد البعض أن مجموعة
البراكين الخاملة التي توجد في القارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا)، ومن
أبرزها بركان إريبوس Mount Erebus ليست إلا امتدادا لهذا النشاط.
وهناك عدد من البراكين النشطة في مجموعات الجزر التي تنتشر في وسط
المحيط الهادى، كما هي الحال في جزر ساندوتش Sandwich، وتانجا Tonga
وساموا Samoa. ويلاحظ أن مجموعات الجزر التي في وسط هذا المحيط يرجع
بعضها إلى أصل بركاني بينما ينتمي بعضها الآخر إلى أصل مرجاني وتعتبر
جزر فيجي من نوع الجزر البركانية، ولكن لم يعد يظهر بها أى نشاط
بركاني في الوقت الحاضر.

ويوجد نطاق آخر من البراكين يمتد من الشرق إلى الغرب في جنوب



شكل (٨٤) توزيع البراكين في العالم

تأرقى آسيا وأوروبا، ففى آسيا يوجد عدد من المخروطات البركانية فى المنطقة التى تلى حدها حدود إيران بمحدود أفغانستان وبلوخستان، ومعظمها براكين خامدة ولكن بعضها ما زالت تخرج منه بعض الغازات الكبيرة من وقت إلى آخر . ويوجد كذلك عدد من البراكين الخاملة فى بلاد القوقاز ومن أشهرها جبل البرز Elburz فى القوقاز وجبل أارات فى أرمينيا .

وتعتبر مجموعة البراكين التى فى جنوب إيطاليا وأمها فيدوف واتنا واسترامبوله من أشهر براكين العالم التى ما زالت نشطة . ويشتهر بركان استرامبوله فى الوقت الحاضر باسم فنار البحر المتوسط بسبب اللون الأحمر للاحم التى ما زالت تخرج من فوهته ، والتى ينعكس ضوءها على سحب الدخان التى فوقه . ويوجد هذا البركان فى جزر لابارى Lapari Islands بررب الطرف الجنوبى الاقصى لشبه الجزيرة الإيطالية ، وتنبثق اللافا من فوهته انبثاقا هادئا بمعدل مرة كل ساعة أو أقل قليلا .

ويوجد فى جزر الهند الغربية عدد من المخروطات البركانية وخصوصا

في جزر أنطيل الصغرى التي ترجع في جملتها إلى أصل بركاني . ومعظم البراكين هنا من النوع الحامد ، وأن كان بعض منها مازالت تبدو عليه مظاهر النشاط .

وبالإضافة إلى النشاطات البركانية الكبرى التي وصفناها وجد عدد من البراكين في أيسلندة التي تعتبر في الواقع جزءا من نطاق بركاني قديم كان يمتد من جرينلاند في الغرب حتى شمال أيرلندة في الشرق . وتعتبر جزر آزور ومديرا والرأس الأخضر (كيب فرد) والكناريا كلها من أصل بركاني ، ولكن كل براكينها قد بحدت في الوقت الحاضر ، ومع ذلك فقد حدثت خلال بعض العمود التاريخية بعض الثورات البركانية في جزر الكناريا .

بعض مظاهر النشاط الأخرى الشبيهة بالبراكين :

ذكرنا أن النشاط البركاني بمعناه الواسع يمكن أن يشمل خروج أي مادة من باطن الأرض إلى السطح أو من طبقات القشرة العميقة نتيجة لحدوث أي تغيرات لها علاقة بالباطن ، ولهذا فمن الممكن أن نضم إليه بعض المظاهر الأخرى الدالة بالبراكين وأهمها :

١ - البراكين الطينية : وهي عبارة عن براكين تخرج منها مياه طينية تختلط بها كثير من الغازات الكربونية . فعند اندفاع هذه الغازات من الطبقات العميقة للقشرة تندفع معها أحيانا بعض المياه الجوفية ، فإذا ما صادفت هذه المياه عند خروجها رواسب طينية فإنها تختلط بها وتخرج إلى السطح بشكل نافورة مياه طينية شديدة الحرارة . وتوجد هذه البراكين عادة في المناطق الغنية بالبتروول بسبب تجمع كثير من الغازات الكربونية تحت طبقات القشرة ، ولذلك فإن ظهورها يعتبر في الغالب دليلا قويا على وجود البترول في المنطقة .

وقد يكون انفجار البركان المائي قريبا جدا كما يحدث فهو الانفجارات البركانية العادية مع اختلاف المواد التي تخرج منها الحافين. وقد حدث في شهر مارس سنة ١٩٥٩ أن ظهر بركان طينى في جزيرة سخالين له بقعة لم يكن قد حدث فيها أى ثوران بركانى من قبل. وقد بدأت الظاهرة بحدوث ارتفاع في قشرة الأرض في قاع أحد الوديان وظهوره بشكل قبة. وبعد ذلك بدأ اندفاع الغازات والمواد الطينية بكثرة ومن معها حدوث انفجارات عنيفة.

٢. العيون والنافورات الحارة Hot Springs and Geysers

تعتبر هذه العيون والنافورات من الظواهر التي لها من غيـر : ١- لثقة بباطن الأرض ومصدر المياه الحارة هو المياه التي تتسرب في شقوق القشرة الأرضية وتصل إلى أعماق كبيرة درجة حرارتها مرتفعة ، وتظهر العيون والنافورات إذا وجدت هذه المياه طريقا يصلها إلى السطح ، وقد تذيب المياه عند خروجها بعض الأملاح مثل أملاح الكبريت التي تجعل لها قيمة طبية في بعض الأماكن ، ومن أمثلتها مياه عيون إخوان في مصر ، وعين السخنة في جنوب السويس وعين حمام فرغون في شبه جزيرة سيناء وتخرج المياه للكبريتية من العين الأخيرة في درجة حرارة ٧٣° مئوية تقريبا .

وإذا كانت المياه الحارة واقعة تحت ضغط شديد فإنها تندفع بعد وصولها إلى سطح الأرض إلى ارتفاع قد يصل إلى ٩٠ مترا أو أكثر . وأشهر المناطق بنافوراتها الحارة هي جزيرة أيسلندة التي يوجد بها حوالي مائة نافورة من هذا النوع ، كما يوجد عدد من هذه النافورات في منطقة يلوستون بارك Yellowstone Park في إقليم جبال روكي بالولايات المتحدة ، ويوجد عدد آخر في نيوزيلندة وفي مناطق أخرى كثيرة متفرقة في العالم .

البَلَدُ الْخَامِسُ

العوامل الخارجية التي تساهم في تشكيل سطح اليابس

- الفصل الثالث عشر : التجوية .
- الفصل الرابع عشر : التعرية الهوائية .
- الفصل الخامس عشر : المياه الجارية .
- الفصل السادس عشر : التعرية البحرية .
- الفصل الثامن عشر : حركات الانهيار والانزلاق على المنحدرات .

الفصل الثالث عشر

التجوية

WEATHERING

لهيئة عام :

بالإضافة إلى العوامل التركيبية التي سبق شرحها فإن الصخور التي يتكون منها سطح الأرض تخضع كذلك لعدد عوامل خارجية كثيرة ومعنوية يؤثر كل منها في الصخور بشكل خاص وإن كان من النادر أن يكون تأثير أي منها مستقلاً عن تأثير غيره، والغالب هو أن يعمل أكثر من عامل من هذه العوامل في المكان الواحد في وقت واحد، وليس المظهر الجيومورفولوجي لأي منطقة من المناطق إلا نتيجة لتضافر مجموعته معقدة من العوامل الباطنية والخارجية على حد سواء . ومن الواضح أن المقصود بالعوامل الخارجية هو العوامل التي لا علاقة لها بحركات الباطن بل ترتبط بظروف المناخ والمياه الجارية والتغيرات الكيميائية والميكانيكية التي تحدث على السطح

وتنقسم العمليات التي تقوم بها العوامل الخارجية في تشكيل سطح الأرض إلى ثلاثة أقسام رئيسية هي :

عمليات التجوية Weathering : ويقصد بها عمليات تفكك الصخور وتفتتها أو تحللها مع بقائها في أماكنها .

٢ - عمليات النقل والارتساب : وهي تمثل سلسلة من العمليات التي تبدأ بعملية نحت الصخور Erosion أو تجويتها ، ثم نقل المواد المأخوذة Transportation إلى أماكن أخرى بواسطة الرياح أو المياه أو الجليد أو غيرها وتنتهي بترسيب هذه المواد في الأماكن الجديدة Deposition . وهذه

العمليات هي التي يطلق عليها في مجموعها اسم «التجوية» *Degradation* ، ويطلق على العوامل التي تسببها اسم «عوامل التجوية» ، وذلك على الرغم من أن العملية الأخيرة منها وهي عملية الإرساب ليست في الواقع عملية تجوية ، بل أنها على العكس من ذلك عملية تغطية وبناء *Aggradation* . ونظرا لأن العاملين الأول والثانية هما عمليتا التآكل والنقل يؤديان إلى تآكل وتخفيض سطح الأرض فانها هما اللتان يشابهان تسبب «التآكل» *Degradation* .

٣ - الانهيارات التي تتعرض لها طبقات الصخور وتكوينات التربة ، وهي لا تعتبر من عمليات التجوية على الرغم من وجود بعض الشبه في النتائج التي تقترب على كل منها ، وذلك بسبب اختلاف طبيعة كل منها واختلاف العوامل التي تتدخل في حدوثها .

تعريف التجوية :

المقصود بالتجوية هو تفكك الصخور وتفتتها أو تحللها وهي في موضعها *in situ* أي دون أن يتغير موضع المواد المتفككة أو الفتنة أو المتحللة . ومن الواضح أن تفكك الصخور وتفتتها هما عمليتان آليتان أو طبيعيتان أما تحللها أو تحال معادتها فهي عملية كيميائية ، وبناء على ذلك فإن هناك نوعين من التجوية أحدهما آلي أو طبيعي والثاني كيميائي . وعلى الرغم من هذا التقسيم فليس النادر أن يحدث أي نوع منها بمفرده ، والغالب هو أنها يحدثان معا ، ولكن قد يكون أحدهما سائدا على الآخر ويكون تأثيره أكبر وأوضح منه . ويعتقد ذلك على مدى توفر الظروف الملائمة لأي منها في البيئات المختلفة .

ومن الواضح أن عمليات التجوية متلفة تماما عن عمليات التجوية ، ومع ذلك فإن هناك علاقة قوية بينهما لأن كلا منها تساعد الأخرى على القيام بدورها . فمن المؤكد أن عوامل التجوية تساعد على أن تتجعد الصخور التي أخضفتها أو تفككتها التجوية بدرجة أكبر من نضجها الصخور التي لم تتأثر بها ، كما أنه من

الأكبر من ناحية أخرى أن إزالة عوامل التعرية للأجواء الصخرية التي تفككت والتفت بواسطة التجوية يؤدي إلى كشف سطوح جديدة من الصخر فتقوم التجوية بأعمالها وتؤديها من الأخرى ، ومعنى ذلك أن هناك تضافرا بين عمليات التجوية وعمليات التعرية على تشكيل سطح الأرض .

العوامل التي تتحكم في التجوية :

إن العوامل التي تتحكم في التجوية كثيرة ومتشعبة ، وليس من السهل أن تفصل الدور الذي يقوم كل عامل منها في تشكيل سطح الأرض من الدور الذي يقوم به غيره من العوامل بما في ذلك عوامل التعرية ، ومع ذلك فمن الممكن أن نقسم العوامل التي تؤثر في التجوية إلى أربعة أقسام هي :

- ١ - تركيب الصخر Structure of the Rock
- ٢ - العوامل المناخية Climatic Factors
- ٣ - طوبوغرافية سطح الأرض Surface Topography
- ٤ - العوامل الحيوية Biological Factors

أولا - تركيب الصخر : يشمل هذا التركيب معناه الواسع كل ما يتعلق بالتركيب المعدني والكيميائي للصخر ، ونسبته (أي حجم الحبات التي يتكون منها ونظام تكتلها) ، وكيفية وجوده في تراكيب طبقية أو غير طبقية ، وما يوجد به من مقاطع ضعف مثل المفاصل والشقوق والأسطح الطبقية وغيرها .

فالمعادن التي تدخل في تركيب الصخر لها دخل كبير في تحديد نوع التجوية التي تؤثر فيه وقوة تأثيرها ، وذلك على حسب طبيعة هذه المعادن فمن حيث سرعة تمددها بالحرارة وتقلصها بالبرودة ومبلغ قابليتها للذوبان في الماء أو الأحماض . وعلى هذا الأساس فإن هناك تباينة كبيرا بين المعادن في

مقدرتها على مقاومة التجوية أو مقاومة أحد نوعيها . فإذا أخذنا الصخور النارية مثلا نجد أن بعض معادنها مثل الأوجيت والأوليفين سريعة التأثير بالتجوية في حين أن بعضها مثل الكوارتز والبيوتيت لا تكاد تتأثر بها .

وقد لوحظ بصفة مامة أن الصخور القاعدية أسهل تأثرا بالتجوية من الصخور الحمضية ، وأن لون المعدن له دخل في درجة تأثره بالتجوية ، وأن المعادن الداكنة أسرع تأثرا من المعادن ذات الألوان الفاتحة . والصخر الذي يتكون من معادن تقاين في درجة تأثرها بالتجوية يكون تفككه وتفتته أسرع من الصخر الذي يتكون من معادن تتأثر بها بدرجات متساوية أو متقاربة . ولئن كان من بين مركبات الصخر أملاح قابلة للذوبان في الماء فإن تأثير المياه في تجويتها أسرع مما لو كان الصخر خاليا منها .

وفيما يخص التسيج الصخر فمن الواضح أنه كلما كان هذا التسيج خشنا (أي كانت الحبات التي يتكون منها كبيرة) كان الصخر أكثر تأثرا بالتجوية مما لو كان نسيجه دقيقا ، لأن التسيج الخشن يسمع بهرب المياه وتوغل للآثرات التجوية إلى داخل الصخر أكثر من التسيج الدقيق . كما أن وجود المفاصل والشقوق وسطوح الانفصال في الصخر يساعد كذلك على سرعة تأثره بالتجوية ، لأنها هي الأخيرة تؤدي إلى توغل تأثير عوامل التجوية إلى الأجزاء الداخلية من الصخر بالإضافة إلى تأثيرها على أجزائه السطحية .

ثانيا - العوامل المناخية : إن أهم العوامل المناخية التي لها علاقة بالتجوية

هي درجة الحرارة والرطوبة ، فهذان العاملان هما اللذان يحددان نوع التجوية الذي يسود في أي منطقة من المناطق وسرعة تأثر الصخور بها . وقد لوحظ بصفة عامة أن التجوية الآلية تسود في المناخ البارد والمناخ الجاف بينما تسود التجوية الكيميائية في المناخ الرطب ، سواء أكان حارا أو باردا . ولكن على

الرمم من ذلك فنلاحظ أن يوجد نوع واحد من التجوية بفردية في أي إقليم من الأقاليم . ففي الأقاليم الباردة مثلا تسود التجوية الآلية التي يسببها تكرار عملية تجمد الماء وانصهارها في داخل مسام الصخور ومفاصلها وشقوقها ومع ذلك فإن التجوية الكيميائية توجد في هذه الأقاليم كذلك بدرجات قد لا تقل عنها في الأقاليم الباردة ، وتفسر ذلك هو انخفاض درجة الحرارة في هذه الأقاليم بعوضه أن غاز ثاني أكسيد الكربون ، وهو أحد الغازات الأساسية في التجوية الكيميائية ، يكون ذوبانه في الماء البارد أسرع من ذوبانه في الماء الدافئ حتى أن سرعة ذوبانه في درجة حرارة ٢٠° تكون حوالي نصف سرعة ذوبانه في درجة قريبة من درجة التجمد .

وكذلك في الأقاليم الجافة ، وخصوصا الأقاليم الصحراوية ، تسود التجوية الآلية التي يسببها ارتفاع المسد الحراري في هذه الأقاليم ، وتعرض الصخور لتناهب التمدد والانكماش بسبب الفروق الحرارية الكبيرة بين الليل والنهار . وهذا هو العامل الرئيس للتجوية في هذه الأقاليم . ومع ذلك فإن التجوية الكيميائية تلعب دورا هاما في هذه الأقاليم . لها كانت الصحارى جافة فإن هواءها يحمل دائما بعض بخار الماء . وفي كثير من المناطق وخصوصا المناطق الساحلية يتكثف هذا البخار بشكل ندى أو ضباب ، كما أن الأمطار قد تستطيع ، على الرغم من ندرة أن تبلل الأرض ، بل وقد تتجمع لفترات طويلة نسبيا في بعض الوديان والمنخفضات ، كما أن المياه الجوفية في هذه الأقاليم تقترب أحيانا من سطح الأرض بل وقد تكون منها في بعض المنخفضات بحيرات دائمة . وكثيرا ما يحدث أن ترتفع المياه الجوفية في المنخفضات إلى السطح بواسطة الخاصية الشعرية ، فتتجف وتتكون منها مسطحات محلية أو سيخات ، وقد يحدث العكس وتلتصق بعض المياه السطحية في مسام الصخور وشقوقها فتترك هذا لبخرها راسبا ملحيا داخل هذه الصخور . وهكذا

نجد أن الرطوبة اللازمة للتجربة الكيميائية موجودة في كثير من الحالات في الأقاليم الصحراوية ، ولذلك فإن هذا النوع من التجربة يؤدي دوره في هذه الأقاليم جنباً إلى جنب مع التجربة الآلية .

ثالثاً : طوبوغرافية سطح الأرض : فمن المعروف أن هذا العامل هو الذي يحدد درجة الحرارة المعرض للتجربة ، كما أنه هو الذي يتحكم في توزيع الأمطار وتصريف المياه وتوزيع الحياة النباتية في المنطقة . وقد لوحظ بصفة عامة أن المنحدرات الشديدة أكثر ملائمة للتجربة الآلية من الأراضي المنخفضة بينما تكون الأخيرة ، وبخاصة في الأقاليم الرطبة ، أكثر ملائمة للتجربة الكيميائية .

العوامل الحيوية : تدخل الكائنات الحية بمختلف أنواعها ، نباتية كانت أو حيوانية في التجربة بنوعها الآلي والكيميائي بطرق متعددة ، فالحياة النباتية مثلاً لها دور مهم في التجربة الآلية لأنها عندما تعمق جذورها في الصخور المتخلقة ، سواء منها ما يوجد تحت التربة أو ما هو ظاهر على السطح ، فإنها تضعف هذه الصخور وتعمل على تفكيكها ، وكما كان النبات من نوع الأشجار أو الشجيرات التي تتميز بجذورها الخشبية القوية كلما كان لها دور أكبر في التجربة الآلية ، فبالإضافة إلى إضعافها للصخور وتفكيكها لها ، فإنها تعمل كذلك على توسيع الشقوق والمفاصل الموجودة فيها فتزيد من تعرضها لعوامل التعرية ولعوامل التجوية في نفس الوقت ، ومع ذلك فإن النباتات تقوم بدور آخر مهم وهو حماية التربة من أخطار التعرية بمختلف أنواعها وبخاصة من التعرية المائية على منحدرات الجبال .

أما دور النباتات في التعرية الكيميائية فيتلخص في أن النباتات تأخذ من التربة ومن الصخور ما يلزم لها من أملاح ولكنها تعطيها من ناحية أخرى بعض عناصرها العضوية ، كما أن البقايا النباتية التي تتحلل من التربة بواسطة

البكتريا تؤدي إلى تكون بعض الأحماض العضوية وبعض انى أكسيد الكربون وقابل من النشادر وحامض النتريك ، وعندما تختلط هذه المواد بالماء فلها تساعده على إذابة بعض العناصر المعدنية التي لا تذوب في الماء العادي مثل للمحروبات .

أما فيما يخص الدور الذي تقوم به الحياة الحيوانية في التجوية فإن له هو الآخر مظاهر مختلفة . فالحيوانات الحفارة *rodents* والديدان والنمل كلها تقوم بعملات تفيت لا يستهان بها في كثير من المناطق ، فقد لوحظ مثلا أن بعض الديدان تغذى على التربة لتمنع منها ما يلزمها من غذاء ثم تخرجها بعد ذلك ، وقد قدر بعض الباحثين . عدد الديدان التي توجد في فدان واحد من الأرض بنحو ١٥٠ ألف دودة ، وأن هذا العدد يستطيع أن يخرج في سنة واحدة حوالي خمسة عشر طنا من المواد الناعمة التي لم يكن لها ، ومثل هذا يقال كذلك على النمل المشهور باسم النمل الأبيض *Termite* والذي تشتهر به الأقاليم المدارية في أفريقيا وأمريكا الجنوبية . فو الآخر ذو قدرة عجيبة على تفيت الصخور وقطب التربة بل وعلى هدم المباني . وبما لا شك فيه أن مجرد حركات الحيوانات وحركات الإنسان نفسه ، سواء على أقدامه أو في آلياته المختلفة ، كلها تلعب أدوارا مهمة في تفيت الصخور ، فإذا أضفنا إلى ذلك ما يقوم به الإنسان من تكسير وتفيت متعدد من الصخور سطح الأرض وغير ذلك من مظاهر نشاطه أمكننا أن ندرك مبلغ أهمية الدور الذي تقوم به الحياة الحيوانية عموما في التجوية الآلية . أما دورها في التجوية الكيميائية فإنه ينتج عن قيامها بوظائفها العضوية المختلفة ، وبخصوصها حميات التي مرازها ينتج عنها من عمليات تحلل كيميائي تؤثر بدورها في الصخور . كما أن الموت المسرع لكل الكائنات الحيوانية وتحلل أجسادها في الأرض يؤدي هو الآخر إلى حدوث كثير من عمليات التجوية .

أهم عمليات التجوية ومظاهرها :

تتضمن التجوية عموماً ، سواء منها الجوية ، لآلية أو التجوية الكيميائية ، عمليات متباينة ، وتأخذ مظاهر متباينة كذلك ، رافداً إلى عرض سريع لأهم هذه العمليات ومظاهرها .

١- التفشير Exfoliation :

ويقصد به انفصال الأجزاء الخارجية من الصخر بشكل قشور تلي على سطحه إلى أن تسقط أو تزيلها عوامل التفشير ، وعند ذلك تكشف سطح جديد من الصخر يتعرض للتفشير بنفس الدورة . ويحدث التفشير بصفة خاصة في الصخور النارية (مثل الجرانيت) وغيرها من الصخور التي توجد بها خطوط ضعف موازية للسطح . والسبب الرئيسي للتفشير هو أن تأثيرات تغير الحرارة والبرودة وما يترتب عليه من تغير التمدد والانكماش أو إذاً الصخر يكون أقوى عند سطحه منه في الأجزاء الداخلية ، لأن الصخور عموماً رديئة التوصيل للحرارة ، وإذاً فإن الطبقة السطحية تتعمل بالتدرج عن الطبقة التي تحتملها على طول خطوط الضعف وتظهر بشكل قشور تسقط من نفسها بسبب الجاذبية إذا كانت على الجوانب أو تزيلها المياه والرياح إذا كانت على السطح العلوي ، وللتدليل على أهمية تأثير التمدد والتقلص في تجوية الصخور بصفة عامة وفي تفشيرها بصفة خاصة أجرى بعض الباحثين تجارب على بعض الصخور مثل الجرانيت الذي يهيم من أكثر الصخور تأثيراً بهذه العملية . ففي إحدى التجارب العملية تبين ، على سبيل المثال ، أننا لو رفعنا درجة حرارة كتلة من هذا الصخر قطرها ثلاثون متراً بمقدار ٨٣ درجة مئوية فإنها تتمدد بمقدار سنتيمترين ونصف تقريباً ، وأنها تنكمش بنفس النسبة لو انخفضت درجة حرارتها بنفس المقدار .

ويرى بعض الباحثين أن التقشر قد يحدث كذلك في الصخور إذا فقدت المعادن التي تكون بنيتها استقرارها Stability ، ويحدث ذلك إذا تغيرت ظروف الضغط والحرارة التي نشأت فيها هذه الصخور . وهذا هو ما يحدث عادة عندما يخضع الضغط الواقع عليها بسبب إزالة الطبقات التي فوقها أو بسبب التكسر والانشق والمفروض من أن فقدان المعادن لاستقرارها يؤدي إلى حدوث ضغط داخل الصخر مما يؤدي إلى إضعافه وتفتته . ولكن بينما يرى بعض الباحثين أن تأثير هذا العامل مقصور على الصخور الجوفية فإن بعضهم الآخر يرى أن تأثيره يوجد كذلك على السطح ، وخصوصا على جوانب الشقوق والمفاصل .

٢ - التفكك بسبب تجمد المياه أو ترسب الأملاح داخل الصخر : يحدث تجمد المياه بكثرة في الأقاليم الباردة أما ترسب الأملاح فيحدث بصفة خاصة في الأقاليم الصحراوية . والواقع أن عملية تجمد المياه في داخل شقوق الصخور ومسامها هي أقوى عمليات التجوية الآلية في الأقاليم الباردة ، لأن تجمد المياه يؤدي إلى زيادة حجمها بنسبة ١٠٪ / تقريباً من حجمها الأصلي ، ويؤدي ذلك بالنتيجة إلى زيادة ضغطها زيادة كبيرة جداً . ويقدر الضغط الذي يسببه تجمد المياه في داخل الصخور بنحو ١٠ رطل على كل بوصة مربعة من السطح الملامس لها . ولا شك أن تكرار هذه العملية يؤدي إلى إضعاف الصخر وتفككه ، وكلما كانت شقوق الصخر ومفاصله ومسامه كبيرة وكانت به سطوح طبقية واضحة كان تفككه أسرع .

أما ترسب الأملاح فإنه يحدث في الصحارى عندما تلتصق المياه التي تتسرب في داخل الصخر ، حيث يؤدي ذلك إلى تكون البلورات الملحية التي يكون لها كذلك ضغط كبير نسبياً ، كما أن تكرار ذوبانها وترسيبها في حد ذاته يعتبر عاملاً من عوامل إضعاف الصخر وتجهينه .

٣ - التفكك والتفتت بفعل الكائنات الحية . إن تأثير الكائنات الحية يختلف مراتبها في التجوية له مظاهر عديدة ليس من السهل حصرها ، ويمكن أن نعيد الإشارة هنا إلى ما سبق أن ذكرناه من أن جذور النباتات وخصوصا النباتات ذاتة الجذور الخشبية تعمل على توسيع شقوق الصخر وإضعافه ، ومن أن الحيوانات المفترسة والديدان تقوم بفتت الصخور على نطاق واسع ، ومن أن الحيوانات الأخرى بما في ذلك أرقاها وهو الإنسان لها أدوار كبيرة في التجوية بتوحيها .

٤ - التزعزع القروي Colloid Plucking ، ويقصد به نزح أو انفصال قشرة أو طبقة رقيقة من الصخر نتيجة لانفصاله عن صخر كان ملتصقا بواسطة مادة لاصقة قوية . فقد ذكر أحد الباحثين حديثا أن وجود بعض المواد القروية وغيرها من المواد اللاصقة بين صخور القشرة الأرضية لا بد أن يؤدي إلى التصاق بعض هذه الصخور ببعضها الآخر التصاقا شديدا جدا في بعض الأحيان . فإذا ما أدت الحركات الأرضية إلى فصل مثل هذه الصخور من بعضها فإن المادة اللاصقة قد تبقى كلها في أحد الجانبين وتنتزع معها جزءا أو قشرة من الجانب الآخر ، وذلك بطريقة مشابهة لما يحدث باستمرار في حياتنا العادية ، عندما يلتصق جسيان لصقا شديدا فيخرج أحدهما قشرة من الآخر عند انفصالهما .

عمليات التجوية الكيميائية ومظاهرها :

تتضمن التجوية الكيميائية عمليات محددة تتباين فيما بينها نباينا وانحصارها في نوع التغيرات التي ترتبط بها والمواد التي تنتج عنها ، ومع ذلك ، فإن هناك نتائج عامة تشترك فيها هذه العمليات بالنسبة للتجوية . وهذه النتائج هي :

١ - أن كل العمليات تؤدي إلى زيادة حجم المادة التي تتأثر بها وتؤدي بالتالي إلى حدوث ضغوط داخلية Stresson في هذه المادة .

- ٢ - أن المواد التي تلتصق منها تكون عموماً قليلة الكثافة نسبياً .
 - ٣ - تناقص في حجم الحبيبات أو الذرات التي تتكون منها المادة ، مما يؤدي إلى زيادة المساحة الظاهرة من المادة بالنسبة لحجمها .
 - ٤ - تكوين مركبات معدنية جديدة .
- أما أهم العمليات التي تتضمنها هذه التجربة فهي :

١ - التكربن Carbonation : ويقصد به ذوبان بعض الصخور مثل الصخر الجيري في الماء المذاب فيه ثاني أكسيد الكربون . ويحدث هذا ماداً عندما تحمل الأمطار عند سقوطها بعض ثاني أكسيد الكربون من الهواء فتتحول إلى حامض كربوني مخفف جداً ولكنه مع ذلك يستطيع أن يهول كربونات الكالسيوم إلى بيكربونات كالسيوم قابلة للذوبان في الماء . ولكن من المعروف أن البيكربونات ليست من المعادن الثابتة ، ولذلك فإنها تعود للتسبب من جديد عند تجمد الماء المذاب فيه وتتحول إلى توفاكلسية .

٢ - التأكسد Oxidation : ويقصد به اتحاد الأوكسوجين مع بعض المعادن مثل الحديد أو المواد التي يدخل في تركيبها ، فعندما يتعرض هذه المواد للهواء والرطوبة فإن الحديد يتحد مع الأوكسوجين ويحول إلى أكاسيد حديدية يكون لونها بلياً أو ماثلاً للاحمرار ، وتكون هذه الأكاسيد ضعيفة المقاومة وسرمان ما تفتت . وإذا اختلطت بالصخور أو التربة فإنها تصبغها بلونها . وإذا كانت المواد الحديدية داخلة في تركيب الصخر نفسه كما في الحال في كثير من الصخور الطينية ، فإن الصخر يظل يحافظ على لونه الأصلي مادام بعيداً عن الهواء ولكن سرعان ما يتحول إلى اللون البني أو الأحمر بمجرد ظهوره على السطح وتعرضه للهواء .

٣ - الذوبان Solution : ويقصد به الذوبان البسيط للأملاح في الماء ، وتقتصر أهمية هذه العملية على الصخور التي تدخل في تركيبها أملاح قابلة للذوبان ، لهذا لا شك فيه أن ذوبان هذه الأملاح يترتب عليه تكوين فراغات في داخل الصخر مما يقلل من تماسكه ويجعله أكثر عرضة للتفكك والتفتت .

٤ - التعمر Hydrolysis : ويقصد به التفاعل الكيميائي لبعض المعادن بواسطة الماء . وهذه العملية بالذات هي التي تؤدي إلى تحلل معادن الفلسبار وهي من أهم مركبات الصخور النارية . وعلى الرغم من أن هذا التفاعل يحدث مادة في الماء التي إلا أن سرعته تكون أكبر لو أن الماء كان يحمل بعض ثاني أكسيد الكربون . وعملية التعمر هذه هي العملية الرئيسية المسؤولة عن تحول معادن الفلسبار إلى صلبان وكاولين .

٥ - التجميع Hydration : ويقصد به انضمام بعض المعادن للماء أو لبخاره من الجو مما يؤدي إلى تمددها وزيادة حجم بلوراتها ، ويؤدي ذلك بالتالي إلى حدوث ضغوط إضافية في داخل الصخر . وأوضح مثال لهذه المعادن هو سلفات الكالسيوم التي تتحول بواسطة التجميع إلى جبس . ولا يعتبر الجبس من أي حال من المكونات الرئيسية للصخور ولكنه يوجد في بعض المناطق بشكل طبقات .

الأهمية الجغرافية للتجوية :

كما أن العوامل الجغرافية المختلفة مثل المناخ والخصائص والكتانات الحية وتركيب الصخور هي التي تتحكم في عمليات التجوية فإن التجوية بدورها لها آثار مهمة على بعض المظاهر الجغرافية لسطح الأرض ، ويمكننا أن نلخص أهم المظاهر التي تتأثر بالتجوية فيما يلي :

(١) تكوين التربة : فالتجوية تعتبر عاملاً أساسياً في تكوين المواد المنفصلة التي تتكون منها التربة وبعض الأملاح التي تختلط بها ، فمتدا تفتت الصخور

أو تتحول موادها بالتجوية لانترا تتحول إلى مواد مفككة بعضها تذوب في الماء ، بعضها الآخر في قابل للذوبان ، والمواد التي تذوب في الماء تشمل بعض العناصر التي تختلف من بعض الذكوبات التي تتأثر بالتجوية الكيميائية مثل كربونات الكالسيوم وكربونات الصوديوم وكربونات المغنيسيوم ، فعندما تذوب بعض هذه الذكوبات في الماء الذي يحمل بعض ثاني أكسيد الكربون تختلف عنها عناصر الكالسيوم والصوديوم والمغنيسيوم ، وكلها عناصر يمكن أن تذوب في الماء وتتحول إلى محاليل ، أما المواد غير القابلة للذوبان فأهمها الحصى والرمل ، الطين والصاقل وأكاسيد الحديد ، والمعروف أن هذه الأكاسيد هي التي تغطي للزرة أو أنها الأحمر أو البني عند ما تختلط بها .

(٢) تشكيل سطح الأرض : فالتجوية تعتبر عاملا مساعدا للتعرية ، والعكس صحيح ، فهي التي تفكك صخور سطح الأرض فتعمل بذلك على تسهيل تحللها ونقل موادها بواسطة عوامل التعرية ، وتتكشف بذلك سطوح جديدة للقوى التجوية بفتحها . وهكذا يأخذ سطح الأرض في الانخفاض بالتدريج . وفي المناطق المكونة من صخور جيرية أو درلوميتية قابلة للذوبان في الماء ، وخصوصا الماء الذي يحمل بعض ثاني أكسيد الكربون ، ويكوّن دور التجوية في تخفيض الأرض أسرع منه في مناطق أخرى صخورها غير قابلة للذوبان . وتنتج هذه الظاهرة بصفة خاصة في الأقاليم المطيرة .

(٣) تكوين الكهوف والأنهار السفلية : ففي مناطق الصخور الجيرية يؤدي تآكل المياه الحاملة لثاني أكسيد الكربون في شقوق الصخور ومسامها إلى تكوين كثير من الفجوات والكهوف وغيرها من الظواهر الكارستية ، وكثيرا ما تعمل الكهوف والفجوات بعضها بعض تحت سطح الأرض فتتكون منها سراديب طويلة وقد تحوت مثل هذه الكهوف في كثير من المناطق إلى مخزانات ضخمة للمياه الجوفية ، كما تحوت المراديب إلى أنهار سفلية يمد بعضها لمسافات طويلة .

افضل الرابع عشر

التعرية الهوائية

تهديد عام للعوامل التعرية :

إن كان أثر العوامل التكتونية على سطح الأرض قد أخذ بضعف مع مرور الزمن بسبب تزايد استقرار القشرة ولم يعد يؤثر بوضوح إلا في نطاقات الضعف التي ما زالت تتعرض لبعض الحركات التي يدل عليها حدوث الزلازل ونوران البراكين ، فإن العوامل الخارجية التي تمثلها عوامل التعرية وعوامل التعرية ما زالت وستظل دائما تقوم بأدوار هامة في تشكيل سطح الأرض . وقد تختلف اختلافًا جوهريًا عن التعرية ، فبينما لا تتضمن التعرية تحريك المواد التي تنتج عنها من أماكنها فإن التعرية تتضمن عمليات كثيرة تتعلق في نحت الصخور ونقل موادها من أماكنها . ومعنى ذلك أنها تؤدي وظائفين معارضتين إحداهما هي الكشف والهدم بواسطة نحت الصخور ونقل موادها والثانية هي البناء بواسطة ارساء المواد المنقولة في أماكن جديدة ، ولذلك فإن تسميتها بالتعرية فيه كثير من التجاوز ، ولهذا السبب فإن كثيرا من الكتاب الغربيين يستخدمون تعبير Denudation للدلالة على التعرية بمعناها الشامل الذي يتضمن الهدم والبناء معا بينما يستخدمون تعبير Erosion للدلالة على النحت والهدم . وأهم عوامل التعرية بمعناها الشامل هي الرياح والمياه الجارية ومياه البحار والجليد

أهمية الرياح كعامل من عوامل التعرية

الرياح هي أهم عامل مناخي يساهم بطرق مباشرة في تشكيل سطح الأرض ، ويكون تأثيره واضحا بصفة خاصة في الأقاليم الصحراوية وشبه الصحراوية لأن رياح هذه الأقاليم تكون قوية أغلب الأوقات ولأن سطح أرضها مكشوف ولا يحميه أي غطاء نباتي يستحق الذكر ، ولهذا فقد أصبحت

الرياح هي المسؤولة عن تكوين كثير من الظواهر الطبوغرافية المنتشرة فيها . ولكن هذا لا يمنع من أن توجد في نفس هذه الأقاليم ظواهر أخرى يرجع تكوينها إلى فعل المياه الجارية ، كما سنبين عند الكلام على الدور الذي تقوم به هذه المياه في تشكيل سطح الأرض .

ويضمّن دور الرياح في تشكيل سطح الأرض (وخصوصاً المناطق الجافة) أربع عمليات محددة هي (١) النحت (أو البرد) (Abrasion) (٢) الصقل بطريقة الاحتكاك (Attrition) (٣) التعرية والنقل (Deflation) (٤) الإرساب (Deposition) وعلى الرغم من أن كل عملية من هذه العمليات تختلف في طبيعتها وفي وظيفتها من العمليات الأخرى فإنها جميعاً تؤدي أدوارها في وقت واحد . فعندما تقوم الرياح بنحت أو إزالة أجزاء من السطح فإنها تحمل معها المواد الناعمة التي تكونت بسبب النحت والتجوية ثم تقوم بتسريبها في أماكن جديدة . ومعنى ذلك أن الرياح تقوم بدورين متضادين أحدهما هو النحت والهدم والثاني هو الإرساب والبناء ، وعلى هذا الأساس فإن الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة منها تنقسم إلى مجموعتين ، إحداهما ناتجة عن عمليات النحت والتآكل من عمليات الإرساب والبناء .

أولاً - النحت بواسطة الرياح :

تعتبر هذه العملية واحدة من عمليات الهدم الرئيسية التي تقوم بها الرياح ويختلف تأثيرها من مكان إلى مكان آخر على حسب قوة الرياح ومقدار ما تحمله من أكمة ورمال . لأن هذه المواد وخصوصاً إن كانت رمالاً خشنة هي الأدوات التي تساعد الرياح على برد الصخور . ويختلف تأثير هذه العملية في الصخور المتجانسة عنه في الصخور غير المتجانسة . فإذا كانت الصخور متجانسة في تركيبها ودرجة صلابتها فإن عملية النحت تؤدي إلى صقلها وقد تؤدي في بعض المناطق إلى صقل مساحات كبيرة من سطح الأرض ، أما إذا كانت

غير متجانسة فإن عملية النحت تؤدي إلى تآكل الأجزاء اللينة قبل الأجزاء الصلبة فتأخذ هذه الصخور أشكالاً متباينة على حسب تركيبها، وتكون عملية النحت قوية بصفة خاصة على ارتفاع قدم واحد تقريباً من سطح الأرض ، فعلى هذا المستوى تكون الرياح قوية ومحفظة بمعظم حمولتها من الرمال وخصوصاً الرمال الخشنة ، وكلما زاد الارتفاع قذافت الحجرة وتناقص حجم الرمال وتناقصت بالتالي مقدرة الرياح على النحت . أما تحت هذا المستوى فإن احتكاك الرياح بالأرض يقلل من سرعتها ويقلل بالتالي من مقدرتها على الهدم والنحت ، وذلك على الرغم من أن حمولتها من الرمال تكون أكبر منها في المستويات الأعلى .

وأم الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن عمليات النحت بواسطة الرياح هي :

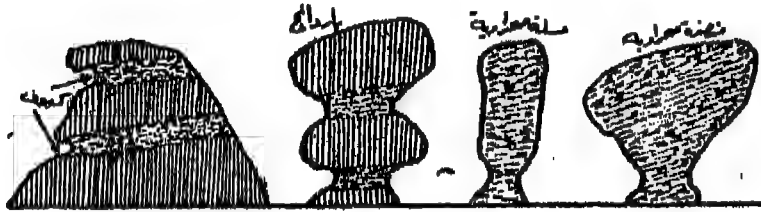
(١) السطوح المجدرة . وهي سطوح صخرية غير متجانسة في أجزائها السطحية ولذلك فإن الرياح تنحت بعض المواضع أسرع من نحتها لمواضع أخرى . والنتيجة هي أن السطح يبدو كمنبر المتجاويف والفجوات والشقوق ذات الأشكال المختلفة .

(٢) الحمادات : وهي هضاب صحراوية صخرية قليلة الارتفاع تغطي أحياناً مساحات تبلغ مئات الآلاف من الكيلومترات المربعة ، وأم ما يميزها هو أن سطوحها صخرية لا تغطيها رواسب متككة تسمحق الذكر ، وذلك لأن الرياح تزيل باستمرار كل ما يتكون فوقها من رمال وأتربة ، ولهذا فإن الحمادات تعتبر من أفقر مناطق الصحراء .

(٣) المناضد والمسلات الصخرية : وهي كتل صخرية استطاعت الرياح أن تنحت أجزائها القريبة من سطح الأرض أسرع من نحتها للأجزاء العليا ولذلك فإنها تبدو بشكل مناضد ، أو بشكل مسلات إن كانت قليلة السمك .

٤) الباردنج Y rdung (أو الابراج الصحراوية) : وهي كتل صخرية مكونة من طبقات متباينة الصلابة ، ولذلك فقد استطاعت الرياح أن تنحت طبقاتها اللينة فقامت بشكل أحزمة بين الطبقات الصلبة . والفظ « باردنج » مأخوذ من لغة سكان صحارى وسط آسيا حيث توجد هذه الظاهرة بكثرة .

٥) الكهوف الجبلية : وهي كهوف تتسكون في جوانب الجبال المكونة من طبقات صخرية متباينة الصلابة ، حيث تستطيع الرياح أن تنحت الطبقات اللينة أسرع من الطبقات الصلبة ، وتتكون الكهوف بصفة خاصة في الجانب المواجه لمبوب الرياح السائدة وتساعد حماية للتجويف والتعرية المائية على توسيعها .



شكل (٧٨) بعض الأشكال التي تنتج عن النحت بواسطة الرياح

٦) المنخفضات الصحراوية : وهي تشمل معظم المنخفضات (أو الأحواض) التي توجد فيها الواحات . ومن القاب أن للرياح من العوامل الرئيسة في تكوينها . وهي توجد غالباً على امتداد خطوط الضعف التي تفصل التكوينات صخرية متباينة الصلابة . ومن أشهرها المنخفضات التي توجد في الصحاري والواحات شمال مصر وشمال ليبيا على طول خط عرض ٢٩° شمالاً . فقد تكونت هذه المنخفضات على طول المنطقة التي تلتقي عندها التكوينات الأيوسينية في الجنوب بالتكوينات المبرسينية في الشمال .

وبدأ تكون المنخفض بشكل حفرة صغيرة حيثما تتمكن العربة ، أو أى عامل آخر ، من كسر الطبقة السطحية في أحد المواضع ، فإذا كانت هذه الطبقة

مرتكزة على طبقات أقل منها صلابة فإن الرياح تأكل في هذه الطبقات بسرعة وتترك مقدمات الطبقة السطحية الصلبة معلقة ، ولكنها لا ثابت أن تنهار .
وبمكرار هذه العملية يزداد اتساع الحفرة ويزداد عمقها ويزداد نشاط الرياح في نقل الراسب الناعم من قاعها فيساعد ذلك على سرعة تعميقها وتوسيعها .
إلا أن هناك حدا أدنى للعمق الذي يمكن أن يصل إليه قاع المنخفض ، وهذا العمق هو ملسوب سطح المياه الجوفية ، التي قد ينكشف سطحها فيظهر بشكل بحيرة في وسط المنخفض . وتوجد بحيرات من هذا النوع في كثير من منخفضات الصحراء الكبرى .

ولكن على الرغم من أن الرياح هي العامل الرئيسي في تكوين المنخفضات الصحراوية ، فإننا يجب ألا نهمل عامل التجوية وامل المياه الجارية ، لأنها يعتبران كذلك عاملين مساعدين في تكوين هذه المنخفضات .

ثانيا - الفصل بطريق الاحتكاك Attrition :

من الحقائق المعروفة أن حبات الرمال وحبات الحصى التي توجد بكثرة في الصحراء تكون غالبا معقولة ومساواة والسبب الرئيسي في ذلك هو أن تصادم الرمال التي تحملها الرياح بعضها ببعض يؤدي إلى إزالة ما بها من أركان حادة فيصبح سطحها أماسا مصقولا ، كما أن اندفاع الرمال بين الحصى الذي يوجد على السطح يؤدي كذلك إلى صقل الحصى بإزالة ما به من حافات حادة ، ولهذا السبب فإن سطحه يكون هو الآخر أماسا ومصقولا . وتوجد في بعض الصحاري مثل الصحراء الكبرى مناطق واسعة يغطي سطحها بطبقة معصاة من الحصى الأماس ، وأغلبه مستمد من تجوية الصخور النارية وتلقى على مثل هذه المناطق أسماء مختلفة ، فهي تشتهر في معظم البلاد العربية باسم مناطق «الرق» أي الحصى الصغير ، وتوجد في شرق ليبيا منطقة واسعة من هذا النوع مساحتها حوالي ١٥٠ ألف كيلومتر مربع وطلق عليها اسم منطقة «المربر» . وكلمة سربر هي جمع كلمة «سريرة» ومعناها «حصوة» .

ثالثا - التذرية والذقة : بواسطة الريح Deflation :

المقصود بالتذرية هو رفع المواد المفككة بواسطة الهواء إلى أعلى تمهيدا لنقلها . ومن الواضح أن التذرية تزداد بالتأثرة إلى نقل المواد من أماكنها إلى مسافات صغيرة ، ولذلك فإن التذرية والنقل يمكن اعتبارهما عمومًا عملية واحدة ، وهذا هو ما يعنيه في الواقع لفظ Deflation .

وتتوقف الطريقة التي تنتقل بها المواد المفككة بواسطة الرياح على عاملين رئيسيين هما حجم الحبات وسرعة الريح . وهناك ثلاثة طرق لهذا الانتقال هي :
١ - الزحف على السطح Surface Creep : وهذه الطريقة التي تنتقل بها الحبات الكبيرة ، التي لا تستطيع الرياح أن ترفعها ، ولذلك فإنها تدفعها أمامها على سطح الأرض ، وهذه هي الطريقة التي تنقل بها طادة الرمال الخشنة والحصى . وربما الرمال الناعمة إذا لم تكن الرياح قوية .

٢ - القفز Saltation : وهي الطريقة التي تنتقل بها الحبات التي تستطيع الرياح أن ترفعها ولكنها لا تستطيع أن تحملها إلى مسافات كبيرة فإنها تسقط بسبب ثقلها . وترتبط هذه الطريقة غالبًا بوجود بعض التيارات الصاعدة في الهواء . وقد لوحظ أن ارتفاع الحبات يكون أسرع من هبوطها ، لأن الرياح تعمل على دفعها إلى الأمام أثناء الهبوط فيكون خط سيرها لهذا السبب أشبه بقوس شديد الانحدار في قسمه الأول وبطيءة في قسمه الثاني ، وقد تقوم الدابة الواحدة بعد قفزات متتالية ، ويساعدها على ذلك اصطدامها بسطح الأرض عند سقوطها خصوصًا إذا اصطدمت بقبة صغيرة (حصوة أو حجر صغير مثلاً) . وأقصى ارتفاع يمكن أن تقفز إليه الحبات بهذه الطريقة هو متران .

٣ - التعلق Suspension : ويقصد به تعاق المواد الناعمة في الهواء لمدة طويلة نسبيًا ، وهذا هو ما يحدث عند انتقال الغبار والأمربة . والمعتمد هو ألا يزيد قطر الحبات التي تنقل بهذه الطريقة عن ٠.٢ ملمتر .

وتستطيع الرياح أن تنقل الغبار الذرى لمسافات كبيرة ، وقد يبقى بعضه عالقا بالجو اعدة أشهر . ومثال ذلك ما يحدث للغبار الذى تطلقه بعض البراكين فقد ذكر مثلا أن الغبار الذى انطلق من بركان كراكاتوا عند ثورانه قد ظل معانا بالهواء حواله سنة كاملة ، وأنه طاف حول الكرة الأرضية كلها . وبغض النظر عن مثل هذه الحالات الشاذة ، فقد استطاعت الرياح فعلا أن تنقل بهذه الطريقة كميات ضخمة من الأتربة لبضعة آلاف من الكيلومترات ومن أوضح الأمثلة على ذلك الأتربة التى تكونت منها تربة اللويس Loess التى تغطي مناطق شاسعة فى شمال الصين ، والتى يزيد سمكها على مائة متر . فقد تكونت هذه التربة من الأتربة التى نقلتها الرياح من غرب آسيا ووسطها وأرسلتها فى شمال الصين . وقد تكون نفس هذا النوع من التربة بنفس الطريقة فى مناطق أخرى من العالم مثل أواسط أمريكا الشمالية . ويعتبر «الهبوب» الذى يظهر فى أواسط السودان وشماله فى فصل الربيع مثالا آخر يبين مقدرة الرياح على حمل كميات كبيرة من الأتربة . وقد نقلت معظم الرمال التى تتكون منها الكثبان الرملية التى توجد بكثرة فى الصحارى بهذه الطريقة .

الارساب الهوائية والظواهرات التى تنتج عنه :

من الواضح أن عملية الارساب هى عملية تغطية وبناء ، ومع ذلك فانها لا تعمل منفردة ، لأن دورها يرتبط ارتباطا وثيقا بالعملية الأخرى ، وبخصوصا عملية التآكل والنقل ، فكلما كثرت كمية الأتربة والرمال التى تذروها وتنفها الرياح كثرت كمية المواد التى ترسبها وعظم بالغالب دورها فى البناء ، والمعتمد هو أن ترسب الرياح حولتها بالتدريج بحيث ترسب أولا الرمال الخشنة ثم الرمال الناعمة ثم الأتربة ، بينما قد يستمر الغبار الدقيق معلقا لمدة طويلة ، كما سبق أن أوضحنا .

ويعمل دور الرياح في البناء بأشكال متباينة أهمها :

١ - تكون بعض أنواع التربة الطينية الناعمة ، مثل تربة اللوس ، كما سبق أن بينا .

٢ - تكون الكثبان الشاطئية التي تمتد على طول كثير من سواحل البحار ، وهي مكونة من رمال جيرية بيضاء تكونت نتيجة تعرض طبقات من الحجر حول حبيبات دقيقة من الرمال القارية التي نقلتها الرياح من اليابس . ولعب الرياح الدور الرئيسي في توزيعها وتجميعها بشكل كثبان .

٣ - تكون الكثبان الصحراوية رغم أنها من أشكال التراكبات الرملية التي تغطي مناطق واسعة في مختلف الصحاري ، وهذه التراكبات هي في الواقع أم المظاهر الجيومورفولوجية التي توضح الدور الكبير التي تقوم به الرياح في تشكيل سطح الأرض ، ولذلك فإننا سنأتي عليها نظرة أكثر تفصيلاً فيما يلي :

التراكبات الرملية الصحراوية :

إن أم مظاهر هذه التراكبات هي الكثبان الرملية Sand Dunes بمختلف أشكالها وأحجامها : (١) الكثبان الهلالية Crescentic Dunes وهي التي تشتهر كذلك باسم البرخان Baikhans . وهي أشهر التراكبات الرملية وأوسعها انتشاراً ، وهي التي تفصدها غالباً عند الكلام على «الكثبان» . (٢) الكثبان الطولية ، أو السيوف Seifs (٣) ظهور الجيتان Whalebacks . (٤) الظلال الرملية Sand Shadows (أو Sand Drifts) (٥) بحار الرمال Sand Seas .

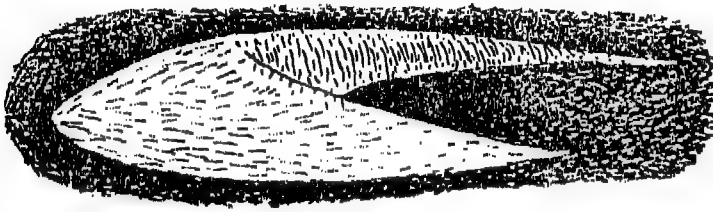
١ - الكثبان الهلالية :

إن كلمة كتيب بمعناها الجيومورفولوجي تعني أي تل رملي له قمة محددة ووجه شديد الانحدار تنزل على الرمال ويعرف باسم « وجه الانزلاق

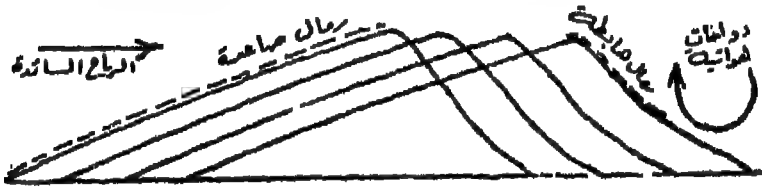
Slip Face ، وينطبق هذا بصفة خاصة على الكثبان الهلالية . وإن اللفظ الذى يطلق حاليا على الكثبان الهلالية فى معظم الكتابات الجيومورفولوجية هو « البرخان Barkhan » وهو مأخوذ من لغة سكان صحارى التركستان التى يكثر فيها وجود هذا النوع من الكثبان .

ويوجد البرخان إذا بدأت الرياح السائدة تآلى حوائطها من الرمال فى أى موضع من الموضع لأى سبب من الأسباب . ولا يشترط لذلك وجود أى عقبة بل يكفي أن تحدث فترة هدوء قصيرة فى حركة الرياح وأن تمر هذه الرياح على بقعة بتغطي سطحها بكتلة من الحصى ، فى مثل هاتين الحالتين يبدأ تراكم الرمال فتتكون منها فى أول الأمر كومة صغيرة ولكنها لا تلبث أن تنمو وتتكون لها بالتدريج قمة محددة تنحدر منها الرمال فوق وجه الانزلاق Slip Face إلى الجانب الذى تنصرف إليه الرياح Leeward Side . ويكون انحدار الكثيب شديدا فى هذا الجانب ، بينما يكون بطيئا نسبيا فى الجانب الآخر المواجه لها Windward Side ، وعلى هذا الجانب نزحف الرمال إلى أعلى نحو القمة . ونتيجة لنزحف الرمال على هذا الجانب وهبوطها على وجه الانزلاق يبدأ التآكل فى التدرج مع الرياح ، كما يأخذ شكل الهلال الذى يواجه الرياح بظهره ويمد طرفيه (أوجناحية) نحو الجهة المقابلة، ومعنى ذلك أن الامتداد العام للكثيب يكون متعامدا على اتجاه الرياح (شكل ٨٠) . والسبب فى تحول التآكل إلى هذا الشكل الهلالي هو أن مقاومة كتلته الرئيسية فى الوسط تكون أكبر من مقاومة طرفيه . ولذلك فإن الرياح تدفع هذين الطرفين أمامها أسرع مما تدفع الكتلة الوسطى . وبهذا الشكل يأخذ الطرفان بالتدريج اتجاهات متفقا مع اتجاه الرياح وتزايد نتيجة لذلك مقاومتها حتى تتساوى مع مقاومة القسم الأوسط ، وعندئذ يكون الكثيب قد وصل إلى آخر مراحل تطوره وأخذ شكله النهائى . ويوصف فى هذه الحالة بأنه

كثيب مكمل . ولكن ليس معنى ذلك أنه يعرّف عن التزحزح أمام الرياح . وكل ما هنالك هو أنه يعرّح وهو يحتفظ بشكله النهائي بشرط أن يظل اتجاه الرياح السائدة كما هو ، أما إذا تغير هذا الاتجاه كما في الحال في الأقاليم الموسمية ، فإن الكثبان تغير اتجاهها بحيث يكون ظهورها دائما موجها للرياح .



شكل (٧٩) كثيب هلاله مكمل



شكل (٨٠) عملية تزحزح الكثيب الهلاله

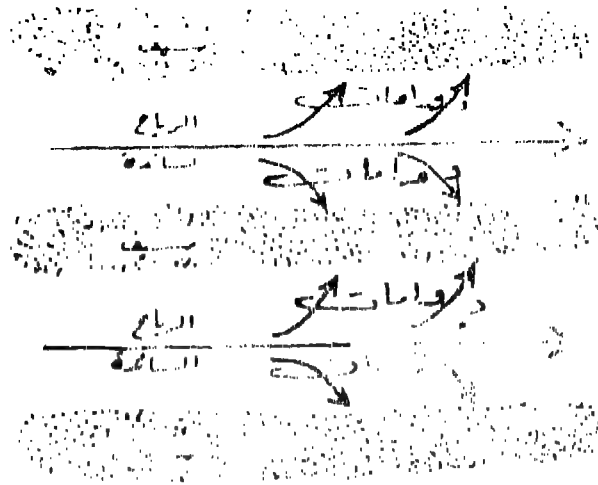
وتتميز الكثبان الهلالية بأنها تهجر من أماكنها ببطء شديد مع اتجاه الرياح . وتتراوح سرعة تحركها بين ٨ و ١٠ أمتار في السنة . وليس هناك حجم معين للكثبان حيث أنها تلبأين من مكان إلى آخر حسب توفر الظروف الملائمة لنموها ، وأهمها نبات اتجاه الرياح وتوفر الرمال المفككة ، فحينما تتوفر هذه الظروف فإن الكثيب المكمل قد يبلغ ارتفاعه حوالي ٢٥ مترا وطوله حوالي ٤٠٠ متر وعرضه حوالي مائة متر ، وتوجد مثل هذه الكثبان بكثرة في بعض أجزاء الصحراء الكبرى بسبب انعطاف الرياح التجارية الشمالية الشرقية طول السنة وكثرة الرمال المفككة . والغالب هو أن توجد

هذه الكتبان كبيرة وتكون ، كثير من الأحيان مرتبة في صفوف متوازية .

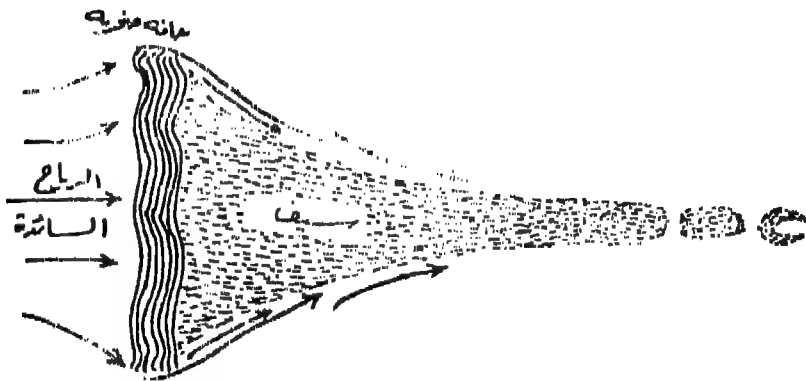
الكتبان الطولية (السيوف) :

أهم ما يميز هذه الكتبان الهلالية أن امتدادها يتفق مع اتجاه الرياح السائدة ، وأنها أقل منها تحركاً ، وأنها أطول منها بكثير ، فقد يصل طول الواحد منها إلى بضعة كيلو مترات ، ولكنها مع ذلك تشبهها في أن لها قمة واضحة ووجه انزلاق Slip Face واضح كذلك . وفيه يكون الانحدار أشد بكثير منه على الجانب الآخر الذي يبدو عادة مقوساً إلى أعلى بحيث تبدو القمة قريبة من الاسطوانة ، وكثيراً ما تظهر على امتداد قمة الكتائب سلسلة من القمم التي تفصل بين بعضها وبعض أجزاء أقل منها ارتفاعاً من نوع «السروج Saddle» .

وتتكون الكتبان الطولية غالباً في المناطق التي تعرقف رياحها السائدة من وقت إلى آخر وتهب منها رياح أو دوامات اعتراضية من الجانبين ، ففي هذه المناطق تعمل الرياح السائدة على تكوين صفوف من الكتبان الهلالية ولكن الرياح الجانبية تعمل على دفع رمال الأجنحة نحو الداخل وقد تضيف إليها رمالاً أخرى من الجانبين ، ويترتب على ذلك امتلاء المناطق التي تفصل كتبان كل صف عن بعضها فتتجول هذه الصفوف إلى كتبان طولية ، إلا أن قمم الكتبان الأصلية تظل بارزة على سطحها . أما الممرات التي تفصل الصفوف بعضها عن بعض فقد تزيل الرياح السائدة والرياح الجانبية ما يتراكم فوقها من رمال مفككة فتبدو صخرية جرداء . ولكن قد يحدث في بعض المناطق التي تكثر فيها الرمال المفككة أن تتمكن الرياح السائدة من تكوين بعض الكتبان الهلالية الصغيرة على طول الممرات .



شكل (٨١) تكون السبوف نتيجة اوجرد راح جانبيه او دوامات اتجاهاتها معامدة على اتجاه الراح السائدة .



شكل (٨٢) كثيب طوليه (سيف) تكون بسبب وجود حافة صخرية .

وبالإضافة إلى تكون الكثبان الطولية بهذه الطريقة فإنها يمكن أن تتكون كذلك إذا صادفت الرياح المحملة بالرمال عقبة طبيعية أو صناعية تعترض طريقها بشكل حائط ، ففي هذه الحالة تأتي الرياح بمعظم حمولتها من الرمال على الجانب المحمي للعقبة ويتكون منها تل يأخذ في الاستطالة إلى الأمام ،

وتساعد الرياح الجانبية التي تلتف حول طرف العقبة على زيادة استطالته لأنها تكس الرمال نحوه من الجانبين وتحول في نفس الوقت دون تشقير رماله .
وتوجد أمثلة كثيرة للكثبان الطولية في صحراء مصر الغربية إلى الجنوب من منخفض القطارة وفي بحر الرمال العظيم الذي يوجد على طول قسم من الحدود المصرية الليبية .

ظهور الحيتان : Whalebucka

وهي عبارة عن تلال رملية طولية سطحها محدب أو مسعر ، وقد سميت بهذا الاسم لأنها تشبه ظهور الحيتان الضخمة ، وهي تشبه الكثبان الطولية في أنها تمتد في نفس اتجاه هبوب الرياح السائدة ، ولكنها تختلف عنها في عدم وجود المظهرين الرئيسيين للكثبان وهما القمة المحددة ووجه الانزلاق ، كما أنها أكبر منها حجماً ، فقد يبلغ طول «ظهر الحوت» حوالي ١٥٠ كيلو متراً ، ويبلغ عرضه حوالي ثلاثة كيلو مترات وارتفاعه حوالي خمسين متراً . وهي ثابتة في أماكنها بخلاف الكثبان .

وتوجد أوضح الأمثلة على هذا النوع من التراكبات الرملية في صحراء مصر الغربية ضمن بحر الرمال العظيم الممتد على طول الحدود المصرية الليبية ، وهي ربما تكون متخلفة عن سلسلة ، أو عدة سلاسل ، من الكثبان المسلالية التي هاجرت في اتجاه الرياح .

بحور الرمال : Sand Seas

يطاق هذا التعبير على مناطق صحراوية شاسعة تغطيها تراكبات رملية مختلفة الأشكال ، فقد تمثل فيها جميع الأشكال التي ذكرناها ، كما توجد فيها مناطق مستوية تكسوها غطاءات رملية شديدة . ومن أشهر بحار الرمال وأعظمها انشعاباً في العالم « بحر الرمال العظيم » الذي يمتد على طول الحدود

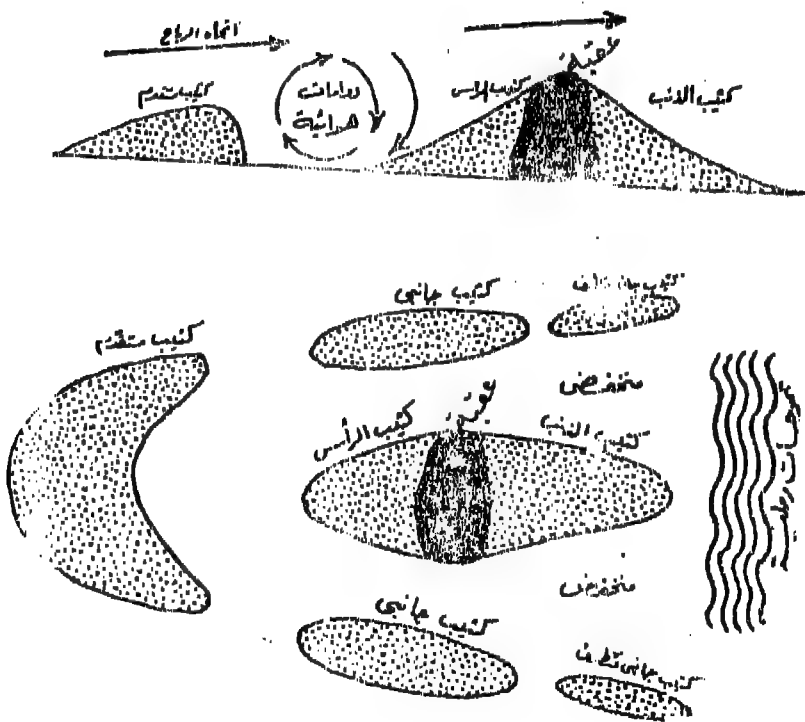
المصرية اللبينة ، وهو يغطي منطقة تزيد مساحتها على سبعة آلاف كيلومتر مربع . ويتطلى عليه في كثير من الأحيان اسم « العرق الكبير » ، وللواقع أن المناطق الرملية للمجراوية عموما تشتهر في البلاد العربية بأسماء محاية مختلفة من بينها « العرق » و « الرملة » و « الأمان » :

الظلال الرملية Sand Shadows :

يطلق هذا التعبير على بعض التراكبات الرملية الصغيرة التي تتكون بنظام معين حول عقبة من العقبات ، ويعتبر وجود هذه العقبة شرطا مهما لتكونها ، ولكن لا يشترط أن تكون هذه العقبة كبيرة الحجم بل يكفي أن تكون صخرة صغيرة أو نبات عشبي أو مجرد حيوان ميت . إذ أن وجود مثل هذه العقبة في طريق الرياح يؤدي إلى خلق منطقتين في ظلالها هوائهما ساكن Dead Air Space وتكون إحدى المنطقتين في الاتجاه الذي تأتي منه الرياح والثانية في الاتجاه الذي تنصرف إليه . وفي هاتين المنطقتين يبدأ تراكم الرمال ويتكون منها كثيبان أحدهما في مواجهة الريح ويعرف باسم « كثيب الرأس Hand dune » والثاني في الاتجاه المعاكس ويعرف باسم « كثيب الذنب Tail dune » وكما هي الحال في الكثبان الطولية فإن كثيب الذنب يأخذ في الاستطالة على حسب ما يسمح به حجم العقبة وكية الرمال المتراكمة ، ولذلك فإن طوله قد يصل أحيانا إلى أكثر من ٧٠٠ متر بينما لا يزيد في أحيان أخرى عن أربعة أمتار .

وفي الجهة المواجهة للرياح يتكون كثيب آخر يعرف باسم الكثيب المتقدم Advanced dune . وهو يتكون في منطقة السكون التي تتكون في النقطة التي تبدأ عندها الرياح رحلته صعودها لاجتياز العقبة . ويفصل هذا الكثيب عن كثيب الرأس منطقة تلتطف فيها الدرامات الهوائية ويخلو سطحها لهذا السبب من الرمال . وفي مرحلة تالية تتكون على جانبي العقبة كثبان

أخرى جانبية Lateral dunes . وذلك لأن بعض الرياح تتوزع على جانبي كتلة الرمال التي تجمعت حول العقبة فتتحول معها بعض الرمال التي تتكون منها كشبان جانبية ممتدة في نفس اتجاه الرياح . وأخيرا تظهر على سطح الرمال على مسافة مقدّمة في الاتجاه الذي تنصرف إليه الرياح تجمّعات طولية صغيرة Ripples تبدو بشكل التموجات التي تظهر على سطح الماء الساكن عند هبوب رياح خفيفة (راجع شكل ٩٠) .



شكل (٩٠) الغلال الرمالية

الشكل العلوى - قطاع جانبي في منطقة الظلال الرمادية

الشكل السفلي - مسدد رأسي في نفس المنطقة

الفصل الخامس عشر

المياه الجارية ودورها في تشكيل سطح الارض

٢٥٥

إن الدور الذي تقوم به المياه الجارية في تشكيل سطح الأرض يفوق الدور الذي تقوم به أى عامل آخر من عوامل التعرية ، بما في ذلك الرياح ، لأن المياه الجارية يظهر أثرها في كل الأماكن تقريبا ، بما في ذلك الأقاليم الجافة ، ولأنها كذلك ذات قدرة كبيرة على التآكل والنقل . ويبدو هذا واضحا من كثرة الوديان التي حفرتها وضخامة أحجام الكثير منها ، ومن اتساع السهول الفيضية التي كونتها وغير ذلك من المظاهر الكثيرة للتعرية المائية ، ونظرا لأن الأمطار هي مصدر كل المياه الجارية فمن الطبيعي أن يكون دور هذه المياه في تشكيل السطح في الأقاليم المطيرة أكبر منه في غيرها . وأكبر مظهر من مظاهر جريان المياه السطحية هو الأنهار ، ولذلك فإنها تعتبر من أهم الموضوعات التي يوجه إليها الاهتمام في دراسة الجغرافيا الطبيعية لسطح الأرض .

بعض المصطلحات العامة التي تستخدم في دراسة الأنهار :

من أهم هذه المصطلحات وأكثرها استخداما ما يأتي : (١) وادي النهر River Valley ، وهو الأرض المنخفضة التي تمتد على طول مجراه ، والتي تكونت بمرور الزمن نتيجة لعمليات التآكل والإرساب التي قام بها النهر أثناء مراحل تطوره . ومن الواضح أن مجرى النهر River Course يمثل أهمى أجزاء الوادي ، وأنه هو الطريق الذي تسلكه مياه النهر في جريانها .

(٢) حوض النهر River Basin ، وهو الذي يعرف كذلك بمحوض (أو منطقة) تصريف النهر (or basin) Catchment area أو Drainage area . ويقصد بها كل الأراضي التي يتحدّر سطحها نحو النهر أو نحو أى

رافد من روافده ، حتى ولو لم تتوفر المياه التي تنحدر فوق سطحها بالفعل ، وكل ما هنالك هو أنه لو فرض وسقطت الأمطار فإن مياهها تنحدر في اتجاه النهر بطريق مباشر أو عن طريق روافده (٣) النظام النهري River System ويقصد به الشبكة المكونة من النهر وجميع روافده (٤) شكل النظام النهري (أو التصريف النهري) Drainage Pattern ، ويقصد به الشكل الذي يكون من اتصال روافد النهر ببعضها بعضاً وبالنهر الرئيسي (٥) . منطقة تقسيم المياه Watershed أو Water Divide ، وهي المنطقة المرتفعة التي تفصل حوض النهر عن أى حوض آخر مجاور له ، فعندما تسقط الأمطار على هذه المنطقة فإنها تتوزع نحو هذين الحوضين على حسب انحدارات سطح الأرض ، ومن الممكن أن توضع الحدود الفاصلة بين الأحواض المتجاورة بواسطة خطوط ترسم على الخريطة وتمر بأعلى أجزاء المنطقة بحيث تفصل رؤوس الروافد العليا لكل نهر من الأنهار عن رؤوس الروافد العليا للأنهار الأخرى التي تنبع من نفس المنطقة (٥) أراضي ما بين الأنهار Interfluvies ، وهي الأراضي التي تفصل وديان الأنهار المتجاورة بعضها عن بعض (٧) . حجم النهر River's Volume ويقصد به كمية المياه التي يحملها النهر في وقت معين . ويستدل عليها بقياس ما يعرف باسم ، تصريف النهر River's Discharge ، وهو كمية المياه التي تمر بأى قطاع من قطاعات مجراه ، وهي تحسب بالأمطار الكعبة أو الأقدام المكعبة في الثانية (٨) حمولة النهر River's Load وهي كمية الرواسب التي يحملها النهر في وقت معين ، وهناك فرق بينها وبين قدرة النهر على الحمل River's Load Carrying Ability ، وهي التي تعرف كذلك باسم الطاقة الحاملة للنهر River's Capacity . ويخالف هذه الطاقة على حجم النهر أكثر من توافرها على سرعته ، فالنهر الصغير البطيء يستطيع أن يحمل الرواسب أكثر مما يستطيع أن يحمله نهر ضخم سريع

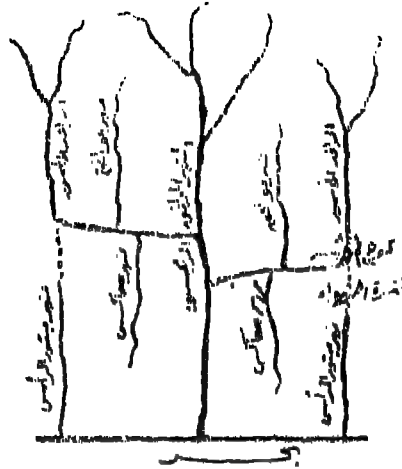
الجريان في وقت واحد ، إلا أن الحبات التي يستطيع النهر البطيء أن يحملها لا بد أن تكون أقل وزناً من الحبات التي يستطيع النهر السريع أن يحملها ، والتعبير الذي يطلق على هذه القدرة هو : *River's Competence* كفاءة النهر ، وهي بعبارة أخرى الحد الأقصى لوزن الحبة الرسوبية التي يستطيع النهر أن يحملها ، وقد قدر الباحث هوكنز في سنة ١٨٩٠ أنه إذا زادت سرعة النهر إلى الضعف فإن كفاءته تتضاعف ست مرات ، فإذا اعتبرنا أن سرعة النهر هي ١ ثم زادت إلى ٢ فإن كفاءته تصبح ٦٢ (أي ٦٤) . ومن الواضح أن كلامنا عن كفاءة النهر وطائفة الخلية ليسها ثابتين بل إنها تتغيران من وقت إلى آخر على حسب نظام جريان النهر ، ومن موضع إلى آخر على طول مجراه على حسب درجات الانحدار ، *River's Velocity* سرعة النهر ، وهي المسافة التي يقطعها أي مقدار من مائة في الساعة .

النظم النهرية

RIVER SYSTEMS

نشأتها :

يبدأ تكون أي نظام نهري عندما تسقط الأمطار على أية منطقة جديدة من الأرض ولتكن منطقة ظهرت حديثاً من تحت ماء البحر بسبب ارتفاع الأرض أو هبوط منسوب سطح البحر ، فبمجرد سقوط الأمطار على هذه المنطقة فإن مياهها تجري على حسب ما تفرضه انحدارات سطح الأرض وينتج عن ذلك تكون مسارب وبرك صغيرة . وإذا استمر سقوط الأمطار فإن المسارب تلتقي ببعضها وبالبرك الصغيرة ، وبتزايد عمق بعض المسارب على حساب بعضها الآخر ، كما تأخذ البرك في الاستطالة بسبب نحت المياه لأطرافها العليا وأطرافها السفلى ، وبسبب اختراق بعد المسارب الكبيرة لها . وبمرور الزمن تستولى المسارب القوية على مياه المسارب الضعيفة فتتزايد أحجامها ، ويتكون منها عدد أقل من الأنهار لا نلبث أن تلتقي ببعضها ، ويتكون منها نهر واحد



شكل (٩١) الأسر النهرى

كبير يسير نحو المصب ، ويكون هذا النهر هو النهر الرئيسى بينما تكون الأنهار التي تغذيها روافده .

الأسر النهرى River Capture :

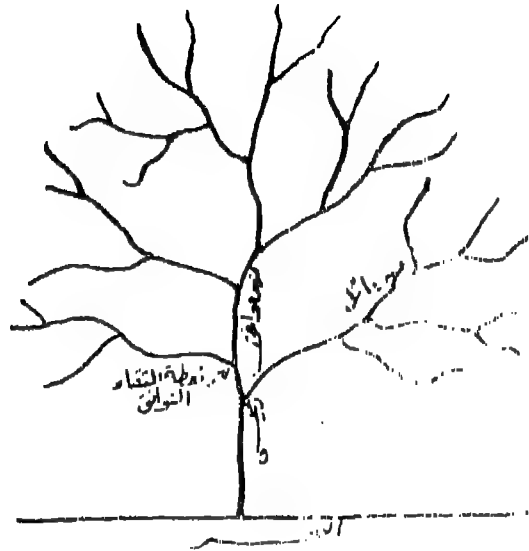
المصدر والأسر النهرى هو استيلاء أحد الأنهار القوية على رافد أو أكثر من روافد أحد جيرانه الأضعف منه ، وهي ظاهرة مهمة في تطور النظم النهرية ، فإذا كان هناك نظامان نهريان مجاوران وكان النهر الرئيسى لأحدهما أقوى وأشط في حفر مجراه وتعميقه من النهر الرئيسى للآخر فإن روافد النهر الأقوى تكون هي الأخرى أنشط في حفر مجاريها وتعميقها من روافد النهر الآخر ، وبؤدى نشاط الحفر الصاعد الذى تقوم به هذه الروافد عند رؤوس مجاريها إلى توغل هذه الرؤوس بالعدريج في المنطقة الفاصلة بين النظامين . فإذا استطاع أحد الروافد الذشطة للنهر القوى أن يتوغل برأس

مجرأه فى هذه المنطقة حتى يلتقى بمجرى أهد روافد النهر الضعيف فانه يستولى على قسمه الواقع فى أعلى نقطة الانحداء ، وىؤدى ذلك إلى زيادة طول الرافد النشط وزيادة مياهه على حساب الرافد الضعيف الذى فحصل عنه قسمه الأعلى ، والذى يطلق عليه تعبير « Beheaded River النهر المبتور الرأس » .

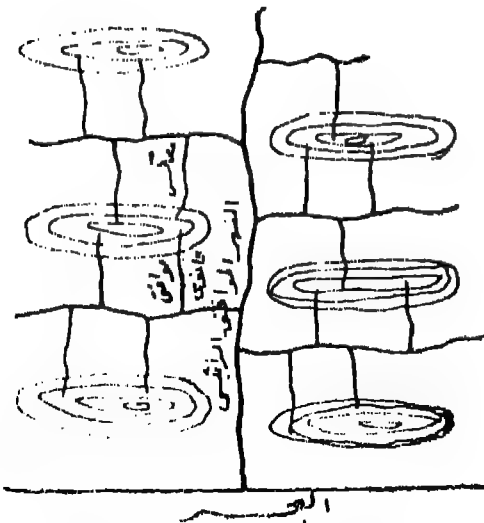
ويمكن الاستدلال على حدوث عملية الأسر النهري بظواهر كثيرة من أهمها : (١) صغر حجم النهر المبتور الرأس بالنسبة لاتساع واديه الأصلى بسبب فقدان بعض مياهه العليا ، يطلق على هذه الظاهرة تعبير « عدم الملازم Misfit » ، (٢) وجود انحناء واضح فى مجرى النهر الأسر فى الموضع الذى حدثت عنده عملية الأسر ، وإطلاق على هذا الانحناء تعبير « كسوع الأسر Elbow of Capture » (٣) جذاف القسم الأعلى من وادى النهر المبتور الرأس أسفل كوع الأسر مباشرة . وإطلاق على هذا القسم تعبير « فجوة الهواء Wind Gap » راجع شكل ٩١ .

أهم أشكال النظم النهرية :

يتوقف الشكل العام الذى ينتج من اتصال روافد النهر الواحد بعضها ببعض وبالنهر الرئيسى على عوامل كثيرة أهمها مظاهر السطح فى المنطقة التى يوجد بها حوضه وتركيبها الجيولوجى وما يوجد بها من انكسارات أو مناطق ضعف مثل وجود طبقات صخرية لينة متتابعة مع طبقات أشد منها صلابة . ومن الواضح أننا لا يمكن أن نجد نظامين نهريين متشابهين تمام التشابه من حيث شكلهما العام ، ومع ذلك فقد قسم الباحثون الاشكال العامة التى يمكن أن تأخذها النظم المختلفة إلى عدة أنواع رئيسية أهمها :



شكل (٩٢) النظام النهرى الشجرى



شكل (٩٣) شكل المستقيبات المتعامدة للنظام النهرى

١- الشكل الشجري Dendritic Pattern (١) : وهو يتكون من
المتحدرات التي تكون صخورها متجانسة في درجة صلابتها ، ولذلك فإن
انحدار سطح الأرض يكون هو العامل الرئيس الذي يتحكم في توجيه
المجاري الرئيسية التي تأتي في جريانها الانحدار العام للسطح ، ولذلك فإنها تسمى
بالأنهار الموافقة و (أو التابعة للانحدار) Consequent Streams ، أما
روافدها فإنها تنحدر نحوها بميل بحيث تلقى بها بزوايا حادة ، ويطلق على هذه
الروافد تعبير الأنهار المثالية (أو غير التابعة) Insequent ، ويطلق على النقطة
التي يلتقي عندها الرافد المائل بالمجري الرئيسى الموافق اسم « نقطة التقاء
التوافق Accordant Junction » ، و بنفس الطريقة تنحدر الروافد الصغيرة
بالروافد الأكبر منها ، ويمكننا بأخذ النظام كله شكل شجرة ضخمة .

ب- شكل المستقيمت المتعامدة Trilined Pattern : وأهم ما يميز هذا
الشكل هو أن الروافد تلقى بعضها بالنهر الرئيسى بزوايا قائمة ، ويحدث
هذا إذا كان مجرى النهر الرئيسى (وهو نهر عواق) يقطع عند انحداره
طبقات صخرية متباعدة الميل ، ففي هذه الحالة يتحكم التركيب الجيولوجى
في اتجاه روافد هذا النهر بحيث تضطر لأن تسير على طول مضارب الطبقات
الليئة حتى تلقى بالنهر الرئيسى بزوايا قائمة تقريبا . ويطلق على هذه الروافد
تعبير « الأنهار (أو المجارى) التالية Subsequent Streams » : وتعد بمحاذاتها
تقريبا الاجزاء المرتفعة من الطبقات الصلبة بشكل حافات طولية . وتقطع
هذه الحافات مجارى مائية ينحدر بعضها مع الانحدار العام للأرض ، ويطلق
عليها اسم « الأنهار الموافقة الثانوية Secondary Consequent Streams »
وينحدر بعضها الآخر في الاتجاه المعاكس ويطلق عليها اسم « الأنهار المعاكسة
Odaquent Streams » والتعرف الدقيق لها في الوقت الحاضر من الأنهار
التي تجري في اتجاه ميل الطبقات .

(١) كلمة Dendretic مأخوذة من كلمة Dendron اليونانية القديمة ومعناها شجرة .

عمليات التعرية التي تقوم بها المياه الجارية

بمضمن الدور الذي تقوم به المياه الجارية في تشكيل سطح الأرض نفس العمليات التي تقوم بها الرياح وهي النحت والنقل والإرساب ، ولكن نظراً لاختلاف طبيعة المياه المتحركة عن طبيعة الرياح فإن المظاهر التي تنتج عنها تتركز مخدومة من بعض الوجوه عن المظاهر التي تنتج عن العمليات التي تقوم بها الرياح .

النحت بواسطة المياه الجارية :

من الواضح أن قدرة المياه الجارية على النحت تفوق كثيراً قدرة الرياح ، ولذلك فقد استطاعت أن تنفر ودياناً لا حصر لها في سطح الأرض ، ومن بينها وديان كثيرة عظيمة الضخامة . ولا يقتصر وجود هذه الوديان على الأقاليم الممطرة بل إن سطح المناطق الصحراوية تقطعه كذلك شبكات من الوديان التي حفرتها المياه في عصور قديمة ثم جفت في عصور أحدث نسبياً ، ولكن وديانها ظلت محفورة في السطح ، وكثير منها يبلغ من الضخامة مبلغ وديان الأنهار الكبرى الحالية ، وسنورد للكلام في موضوع آخر على دور المياه الجارية في تشكيل سطح الأقاليم الصحراوية .

ويؤدي النهر عند قيامه بعمليات النحت وظلته بين أساسيتين هما :

(١) تعميق مجراه بواسطة النحت الرأسى (Vertical Erosion ، ٢) توسيع المجرى بواسطة النحت الجانبي (Lateral Erosion) . ويتوقف نشاط هاتين العمليتين على عوامل متعددة بعضها متعلق بالتركيب الصخري للمنطقة التي يجري فيها وانحدارات سطحها وبعضها الآخر متعلق بطبيعة النهر نفسه من حيث حجمه (Volume) وحملته من المواد الرسوبية ، ونوع المواد التي تتكون

منها هذه الجملة ، وسرعة جريانه . والمعناد هو أن يكون النحت الرأسى قويا فى الأجزاء التى يشتد فيها انحدار الارض وتعلم فيها سرعة جريان النهر ، كما هى الحال فى أجزائه العليا ، بينما يمكن النحت الجانبي قويا فى الأجزاء التى يمدل فيها الانحدار وتعدل فيها سرعة النهر أو تبطى . كما هى الحال فى الأجزاء الوسطى والأجزاء الدنيا .

ويحدث النحت النهري بواسطة عدة عمليات معقدة تعمل كلها معجعة بحيث يصعب فصل الدور الذى تقوم به أى عملية منها عن الأدوار التى تقوم بها العمليات الأخرى ، وأهم هذه العمليات هى :

(١) العمليات التى تنتج عن قوة المياه المتحركة Hydraulic Force وأهمها تحريك المواد المقتنة ، وإضعاف الصخور وتفكيكها نتيجة لتوالى اندفاعها فى الشقوق وخروجها منها . والواقع أن المياه المتحركة ، وخصوصا إذا كانت مائجة ، لها قدرة كبيرة على نحت الصخور وتطويعها ، ولذلك فإنها تعتبر العامل الرئيسى فى تأكل الأجزاء السفلى من ضفاف الأنهار ، وخصوصا فى الجوانب المقعرة للمنحنيات النهرية .

(٢) عمليات البرد Corrasion . وهى عمليات تقوم بها المياه المتحركة بمساعدة حملها من الرواسب الصلبة ، وهى تؤدى إلى برد وتفتيت الصخور قاع المجرى وجوانبه ، ويكون تأثيرها قويا إذا كانت الجملة مكونة من مواد صخرية خشنة ، وكانت المياه مضطربة وكثيرة الدوامات ، حيث أن الحركة الحزونية للدوامات تؤدى إلى سحب المواد الصخرية بقوة فى حركة دائرية إلى أسفل حتى ترتطم بالقاع فتؤدى إلى حفر فجوات صغيرة يزداد اتساعها بالتدريج . ويطلق على الحفر التى تتكون بهذه الطريقة اسم « الحفر الوعالية Pot-holes » .

(٢) « عمليات صقل مواد المحمولة بسبب احتكاك بعضها ببعض Attrition »
ونتيجة لهذه العمليات فإن الحبات الصخرية التي تتكون منها المحمولة تصبح
مساواة وتتناقص أحجامها ، وكلما نقصت أحجامها نقصت بالتالي أوزانها
وأصبحت مهمة نظام أسهل .

مستوى قاعدة النهر River'n Basin-level

وهو أدنى مستوى يستطیع النهر أن يصل إليه عند مجرى مجراه . ويعتبر
منسوب سطح البحر المستوى العام لقاعدة كل الأنهار التي تنصرف إليه المحيط
أو إلى أي بحر متصل به ، أما الأنهار التي تنصرف حرقا داخليا فإن مستوى
قاعدة كل منها يتحدد على أساس منسوب سطح المنطقة التي يصب فيها ، سواء
أكانت بحيرة أو بحر داخل أو مجرد منخفض أرضي .

النقل بواسطة المياه الجارية :

إن الطرق التي تنقل بها المياه الجارية حمولتها من الرواسب تشبه من نواح
كثيرة الطرق التي تنقل بها الرياح حمولتها ، ولكن المياه الجارية تتميز بأنها
أقدر على حمل الكميات الصخرية الكبيرة نسبيا ، بل وقد تستطيع أن تدفع
أمامها كتلا صخرية كبيرة عندما تهبط على جوانب المرتفعات ، كما أن المياه
تذيب كثيرا من الأملاح وبعض الصخور ، وتقلها وهي مذابة فيها ، وهذه
ميزة أخرى يعتمد بها النقل المائي عن النقل الهوائي .

والطرق التي تنقل بها المياه الجارية حمولتها هي :

(١) التعلق Suspension : وهذه هي الطريقة الرئيسية لنقل الرواسب
الدقيقة مثل الرواسب الصلصالية والطينية والرمال الناعمة . والمعروف أن
الأنهار يمكنها أن تنقل كثيرا من الرواسب الصلصالية والطينية الدقيقة
لمسافات طويلة حتى تاتي بها في البحر الذي تنتمي إليه . فنهر النيل مثلا كان
(قبا بناء له العالم) ياتي في البحر المتوسط كميات ضخمة من الرواسب

المعاملة بالطريقة التي يحملها من هضبة الجبشة إلى المساحة تزداد على ٢٠٠٠ كيلو متر. وقد حدثت كمية الرواسب التي كانت توضع مع مياه النيل عند وادي حلفا قبل إنشاء السد العالي في جدارتها توضع في المجرى ذاته مليون طن في السنة. وقد كانت مكونة من ٣٠ مليون طن من الرمال الذبذبة و ٣٠ مليون طن من الرواسب المعاصلة و ٢٠ مليون طن من الرواسب الصخرية الطينية.

(٢) التلذ : Sedimentation : وهي الطريقة التي تنقل بها الرواسب العذبة إلى لا تستطيع ، بسبب ثقلها ، أن تبقى معلقة بالماء لمسافات طويلة ، ولذلك فإنها تنقل في قمرات متناوبة ، حيث يؤدي اصطدامها بالقاع إلى ارتفاعها ثم يؤدي ثقلها إلى هبوطها وهكذا بالتوالي .

(٣) الجر Fraction : وهو الطريقة التي تنقل بها الرواسب التي لا تستطيع المياه أن تحملها ولكنها تستطيع أن تجريها معها فوق القاع ، مثل الحصى والرمل العذبة ، ويطلق على هذا الجزء من حمولة النهر اسم « حمولة القاع Bed-load » .

(٤) الذوبان Solution : وهو الطريقة التي تنقل بها المواد القابلة للذوبان وتظهر أهميتها في مناطق الصخور الجيرية والمناطق التي تحتوي صخورها على أملاح قابلة للذوبان .

الترسيب بواسطة المياه الجارية :

تسمى الرواسب التي تلتقي بها المياه الجارية فوق سطح الأرض باسم الرواسب العيضية Alluvial Deposits ، وهي تقبيل فيما بينها نائما كبيرا على حسب حجم حباتها ونوع الصخور التي استمدت منها ، وقد سبق أن ذكرنا أن المياه الجارية تستطيع أن تنقل كميات كبيرة من المواد الرسوبية ، وأصبحت حمولة النهر من هذه المواد Load تتوقف بصفة خاصة على حجم النهر Volume بينما يتوقف حجم الحبات التي تستطيع أن تحملها مياهه على سرعه جريان هذه

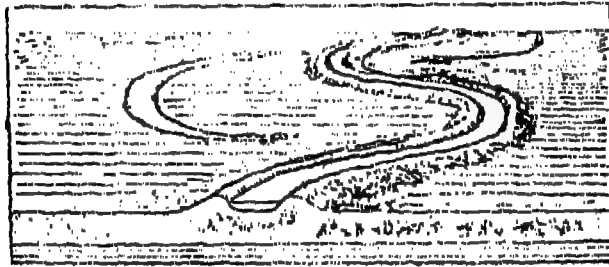
المياه ، ولهذا السبب فإن الرواسب الفيضية تنوزع عادة بترتيب خاص يقوِّف على سرعة جريان المياه التي أرسبها ، فعندما تنحدر الأنهار على جوانب الجبال فإنها تحصل معها كثيرا من الجلابيد وقطع الصخور الموشحة والحصى والكتلها عندما تصل إلى المناطق السهلية فإن سرعتها تنقص ويضطر إلى إلقاء حمولتها فتبقى أولا بالأجسام الثقيلة بالقرب من فم هذه الجبال ثم تأتي بعد ذلك بالمواد الأخف فالأخف وهكذا ، وتستقر في الرواسب الصحراوية والطينية الدقيقة حافة مياه النهر لعدة مئات أو عدة آلاف من الدلوئترات حتى تصل إلى البحر أو المحيط ، وحتى إذا كان نهر نفسه قصيرا وكان ينتهي في منخفض داخلي فإن المواد الحاملة بمياهه ترسب فوق قاع المنخفض بالتزريب بحيث ترسب أولا المواد الثقيلة ثم ترسب فوقها المواد الأخف فالأخف وهكذا . وهذا هو ما يحدث في معظم الدلتاوات الصحراوية التي تتكون عند نهايات الأنهار . ففي هذه الدلتاوات تتركز الطبقات السطحية فسوق طبقات من الرواسب الخشنة التي تتجمع فيها المياه وتتكون منها خزانات مائية جوفية .

وأهم الظواهر الجيومورفولوجية الناتجة عن الإرساب النهرية هي :

(١) السهول الفيضية Flood Plains : وهي سهول منبسطة تغطيها رواسب طينية ناعمة . وهي تتكون حول مجرى النهر ، وتبلغ أكبر اتساع لها حول مجرى الأدنى حيث يكون النهر متسعا وبطيء الجريان وتكثر به المنحنيات وتفيض مياهه بكثرة على الجانبين فتتكون حوله المستنقعات وبعض البحيرات . وتوجد الرواسب الطينية التي تتكون منها هذه السهول في طبقات رقيقة ولكن بمجموع سمكها قد يصل إلى بضعة مئات من الأمتار ، كما هي الحال في السهل الفيضي لنهر النيل في مصر السفلى .

وتنشأ حول مجرى النهر نفسه جسور رسوبية Levees (Embankments) تفصله من السهل الفيضي . وتتكون هذه الجسور نتيجة لأن إرساب المواد الطينية يكون أوضح على جهتي النهر منه في وسطه بسبب بطء حركة المياه

في الجانبين . وكثيرا ما تقطع مياه الفيضان هذه للجسور وتطغى على السهل الفيضي . وتزداد هذه المخطورة باستمرار لأن الإرساب على قاع النهر نفسه يؤدي باستمرار إلى تزايد ارتفاع منسوبه حتى يصبح أعلى من منسوب سطح السهل الفيضي المحيط به ، فعندما يحدث أى قطع في جسوره فإن المياه تندفع منه بقوة لتغمر مساحات واسعة من السهل الفيضي .



شكل (٩٤) وادي نهرى في مرحلة الشيخوخة وسط سهل الفيضى
(لاحظ للجسور الرسوبية التى حوله ، والبحيرة المالحة التى اقتطعت منه)



شكل (٩٥) السهل الفيضى

(٧) الدلتاوات : وهى مناطق فيضية مئاثثة تتكون من تراكم الرواسب الطينية عند مصبات الانهار نتيجة لتصادم مياهها بمياه المنطقة التى تصب فيها . ويساعد على تكون الدلتاوات عدة عوامل أهمها :

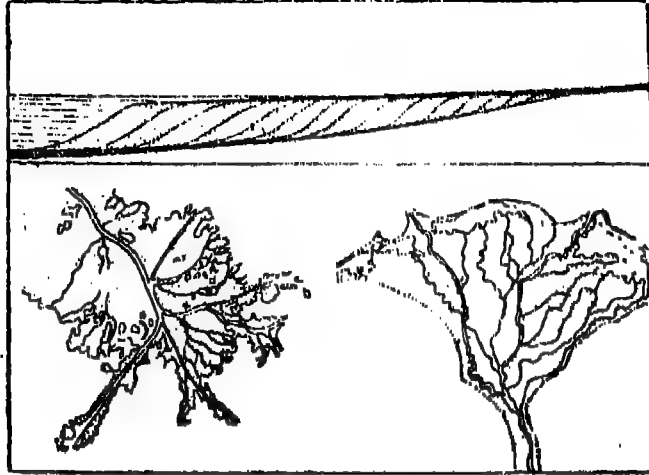
(١) حمولة النهر من المواد الرسوبية ، فكلما كانت هذه الحمولة كبيرة ساعد ذلك من تكون الدلتا وعلى سريعة نموها .

(٢) قلة عمق المنطقة التي يصب فيها النهر ، فالمياه الضحلة أصاح لتكون الدلتاوات من المياه العميقة .

(٣) عدم اندفاع مياه النهر بقوة مثل اندفاعها فوق منحدر شديد أو شلال ، لأن اندفاعها بهذا الشكل يؤدي إلى ابتعاد الرواسب عن الشاطئ ووصولها إلى المياه العميقة .

(٤) هدوء المياه عند المصب وعدم تعرضها لتيارات أو أمواج شديدة أو حركات مد وجزر واضحة ، حيث أن هذا الهدوء يساعد على تراكم الرواسب وعلى بناء الدلتاوات ولذلك فإن الخلجان الضحلة المحمية والبحيرات والبحار الداخلية هي أصاح المناطق لتكونها .

وتتكون الدلتاوات عادة بالتدريج حيث أن الإرساب المستمر عند مصب النهر يؤدي إلى انقسام مجراه إلى عدة فروع كما يؤدي إلى انقسام المنطقة البحرية التي يصب فيها إلى عدة ممرات تفصلها جزر رسوبية فتتوزع مياه النهر على هذه الممرات ، وبهذا الشكل ينقسم النهر عند مصبه إلى فروع عديدة إلا أن عدد هذه الفروع يأخذ في التناقص بسبب امتداد الفروع الصغيرة منها بالرواسب فلا تبقى إلا الفروع الكبيرة التي تأخذ هي الأخرى في التناقص كلما زاد الإرساب ، فنهر النيل مثلا كانت له عدة فروع استمرت موجودة إلى ما بعد الفتح العربي ، إلا أنها تلاشت ولم يبق منها إلا فرع دمياط ورشيد . والواقع أن دلتا نهر النيل هي أول دلتا أطلق عليها اليونانيون القدماء لفظ دلتا ، لأنها تشبه الحرف د دلتا ، اليوناني ، وهي تمثل الشكل المسائد للدلتاوات وهو الشكل المروحي Arcuate . وقد تأخذ الدلتاوات أشكالا أخرى على حسب ظروف تكوينها ، ومن أمثلتها الدلتاوات المعروفة باسم الدلتاوات الاصبعية Digitate Deltas والتي تسمى كذلك بدلتاوات قدم الطير Bird's Foot Deltas لأنها تشبه قدم الطير ، وأوضح مثال لها هو دلتا نهر المسيسيبي (راجع شكل ٩٦) .



شكل (٩٦) الشكل العلوى يوضح التركيب المعتاد للدلتا والشكلان
الآخران هما دلتا نهر النيل (مروحية) ودلتا نهر المسيسيبي (أشجعية)

وبالإضافة إلى الدلتاوات المائية التي سبق وصفها فإن بعض الدلتاوات
تتكون على اليابس عند نهايات مجارى الاخوار أو مجارى السيول، ويطلق
عليها تعبير « الدلتاوات الجافة أو المراوح الفيضية » . وسنعود إلى الكلام
عليها عند كلامنا على دور المياه الجارية في الاقاليم الجافة .

الجزر النهرية : ويقصد بها الجرد التي تتكون نتيجة لتراكم الرواسب
في مجرى النهر . فقد يحدث في موسم الفيضان أن تزداد سرعة جريان النهر
وتزداد حمولته من المواد العذشة التي يغسلها لاقائها في بعض المواضع التي
تهبط فيها سرعة جريانه نسبيا فتتكون منها حواجز أو جزر حصىية
Shingle Islands ، فإذا ما هبط المسوب ماء النهر بعد موسم الفيضان فإن
مياهه تنوزع في المجارى التي تدخل الجزر بعضها عن بعض، ويطلق على الأنهار
التي تنفرع بهذا الشكل تعبير « الانهار المتفرعة » Braided Rivers

القطاع الطولي للنهر

RIVER'S LONGITUDINAL PROFILE

تعريفه ومراحل تكوينه :

المقصود بهذا القطاع هو القطاع الذي يمد على طول النهر من منبعه إلى مصبه وتعمل فيه الانحدارات الجري والفتحات التي توجد على امتداده . ومن الممكن توضيحه بالرسم باستخدام القاعدة الرسم المناسبة ، وهناك علاقة وثيقة بين هذا القطاع وبين مستوى قاعدة نفس النهر . ولا تقتصر أهمية القطاع الطولي على توضيح انحدارات النهر والفتحات التي تعترضه ، بل إنه يوضح كذلك مراحل تطوره ، وهي مرحلة الشباب والشباب ثم مرحلة النضج ومرحلة الشيخوخة . وعلى الرغم من أن النهر بأكله قد يكون ممثلاً لمرحلة من هذه المراحل ، إلا أن الغالب هو أن المراحل الثلاث تكون كلها ممثلة على طول مجراه بحيث تعمل مرحلة الشباب والفتحات في قسمه الأعلى ومرحلة النضج في قسمه الأوسط ومرحلة الشيخوخة في قسمه الأدنى . ولكل مرحلة من هذه المراحل مميزاتها الخاصة .

ويمر القطاع الطولي في عدة مراحل ، فعندما يبدأ النهر في حفر مجراه فإنه يكون شديد الانحدار وسريع الجريان وتكثر في مجراه الجنادل ومساقط المياه والبرك والبيخيرات والحفر الوعائية والمنحنيات ، وتستمر هذه الظواهر أثناء مرحلة الشباب والشباب ولكن النهر يعمل على تهدئتها باستمرار أثناء قيامه بتعميق مجراه وتوسيعه ، وهو في كل مرحلة من مراحل تطوره من الشباب إلى الشيخوخة يسعى أثناء تعميقه لمجراه إلى أن يصل به إلى مستوى قاعدته ، وآخر شكل يمكن أن يأخذه قطاعه الطولي هو شكل قوس شديد الانحدار في قسمه الأعلى ومعتدل في قسمه الأوسط وبطيئه جداً في قسمه الأدنى . ويطلق على هذا القطاع اسم « القطاع المتعادل Gradud Profile أو قطاع التعادل Profile of

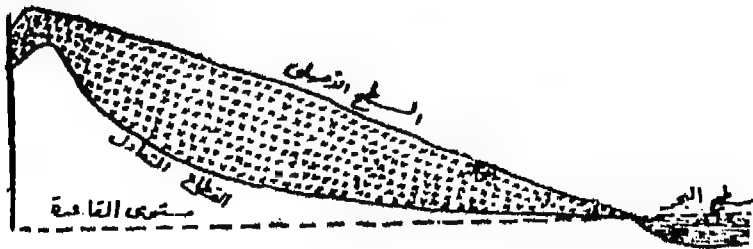
Equilibrium » وفي هذه الحالة يوصف النهر بأنه نهر متعادل Graded River .

وعندما يصل النهر إلى هذه المرحلة فإن مياهه تستطيع أن تنقل كل حمولته من

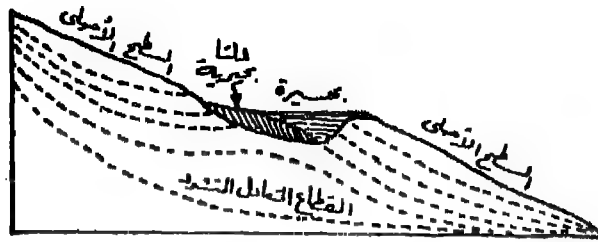
المنبع إلى المصب ولكنها لا تستطيع أن تزيد من عمق مجراه بالحفر أو أن ترفع مستواه بالإرساب ، وأن قامت المياه في هذه المرحلة بيمض الحفر أو الإرساب فإن العمليتين تكونان متعادلتين بحيث لا يطرأ أى تغيير على شكل القطاع ، ولكن بشرط عدم حدوث أى ارتفاع أو هبوط في المنطقة التي يجري فيها النهر ، أو حدوث أى تغيير في منسوب المنطقة التي يصب فيها ، أو بعبارة أخرى بشرط عدم تغير مستوى قاعدته .

أهم العقبات التي تعترض تطور القطاع الطولي للنهر :

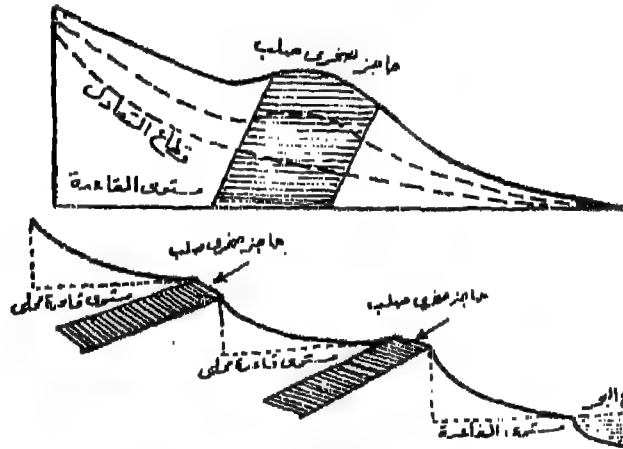
بالإضافة إلى أن حجم النهر وسرعته وحملاته ونظام جريانها كلها تؤثر في سرعة وصوله إلى مرحلة التبادل فإن تضاريس المنطقة التي يجري فيها وتركيبها الصخري لها كذلك دخل كبير في هذه السرعة ، حيث أن النهر قد يتمطل مدة طويلة نسبياً في تذليله للعقبات التي تعترضه ، مثل البحيرات والحواجز الصخرية الصلبة ، فإذا وجدت بحيرة في طريق النهر فإنه يتمطل عندها بعض الوقت لأنها تكون بمثابة مستوى قاعدة محلى وبضطر لأن يبطيء عند اختراقه لها وأن يلقى فيها بعض رواسبه فتتكون فيها بالتدريج دلتا بحيرية . وبعد أن تمتلئ البحيرة تفيض مياهها على حائتها السفلى فتأخذ في نحت هذه الحافة وتخفيضها وترتب على ذلك انصراف مياه البحيرة بالتدريج حتى تجف ، وبعد أن يأخذ النهر في حفر مجراه في الدلتا البحرية وفي الصخور التي يجري فوقها (شكل ٩٨) .



شكل (٩٧) أول وآخر مراحل تطور القطاع الطولي للنهر ومستوى القاعدة



شكل (٩٨) بحيرة تعترض مجرى النهر وتعطل وصوله إلى مرحلة التبادل



شكل (٩٩) عبات صخرية تعطل وصول النهر إلى مرحلة التبادل

وكذلك إذا وجدت في المجرى طبقة صخورها أشد صلابة من الصخور
هامة المجرى فإن النهر لن يتمكن من نحتها بنفس السرعة التي ينحت بها بقية
المجرى، ولذلك فإن هذه الطبقة تبقى عاقبة في طريقه زمنا طويلا وتكون منها
سلسلة من الجنادل والمندفعات، وينقسم مجرى النهر بسببها إلى قسمين أحدهما
في أعلاها والثاني في أدناها، وتصبح هي بمثابة مستوى قاعدة عمل للقسم الذي
يقع في أعلاها. وقد يصل كل قسم من القسمين إلى مرحلة التبادل بينما تبقى
هي بارزة بينهما، ومع ذلك فإن سطحها ينخفض بالتدريج بسبب الانحسار المائي
فيءالنس ملسوب قاعدة القسم الاعلى من النهر وتزداد قدرته على الحفر تبعا

لذلك ، وهكذا حتى نزول العقبة فيواصل النهر نشاطه للوصول إلى مرحلة التعادل في شكل (٩٩) ، وتعتبر الجنادل والشلالات التي تعترض مجرى نهر النيل بين الخرطوم واسوان مثالا واضحا للعقبات الصخرية التي من هذا النوع . وسبب وجودها هو مرور مجرى النهر في هذه المنطقة فوق صخور جرانيتية شديدة الصلابة .

المساقط المائية Waterfalls

إن كلمة شلالات ، تستخدم في اللغة العربية بمعناها العام الدلالة على أشكال مختلفة من العقبات التي تعترض طريق النهر ، وأهمها المساقط المائية Waterfalls والجنادل Gatarjets والمندفعات Rapids ، ومع ذلك فإن المقصود بالمساقط المائية بمعناها الدقيق هو حدوث تغير مفاجيء في انحدار النهر يترتب عليه سقوط المياه من مستوى مرتفع إلى مستوى أقل منه ، وهناك أسباب مختلفة لظهور هذه المساقط من أهمها :

١) مرور النهر فوق طبقة صخرية شديدة الصلابة ترتكز فوق طبقات لينة ، فإن أي كسر في الطبقة الصلبة يؤدي إلى توغل الحفر المائية في الطبقات اللينة وتآكلها بسرعة فتظهر مقدمة الطبقة الصلبة بشكل حافة تسقط فوقها المياه ، وبعمر الزمن تآكل المياه الساقطة في الطبقات اللينة فتبقى مقدمة الطبقة الصلبة معلقة وانكمالا ثابتا أن تمضي إلى القاع وبهذا الشكل يتراجع المسقط المائي نحو المنبع تاركا للمجرى شكل خائق ، صديق ، ويصير شلال نياجرا مثالا واضحا لهذا النوع ، ويتندر أنه يتراجع نحو المنبع بمعدل ثلاثين سنتيمترا على الأقل كل سنة ، ويبلغ ارتفاعه في جانبيه الفايح الولايات المتحدة ٥٧ مترا وطول الخائى الذي يكون بسببه تراجع نحو الـ أحد عشر كيلومترا ، وكذلك تعتبر مساقط مياه خابور على نهر بوتارو Potaro Riv. في جويانا (البريطانية) بأمركا الجنوبية مثالا آخر لهذا النوع من المساقط ، ويبلغ ارتفاعها نحو ٢٢٤ مترا .

وإذا كانت التكوينات التي تمتاز بها مجرى النهر شديدة الانحدار ومائلة نحو المصب ، ولم تظهر أنماها أى طبقات لينة فإن مجرى النهر فيها يكون كثير المندفعات (وهى الأماكن التي تنحدر فوقها المياه انحدارا شديدا ولكنه ليس رأسى) وكثير البنادل ، وهى المصفور الصلبة التي تبرز على القاع .

٢) مربوط النهر فجأة فوق حافة جبلية ، ومثال ذلك المساقط الموجودة في بعض الأنهار الإفريقية مثل نهر الكنفو ونهر الأورنج عند سقوطها على حافة الهضبة الإفريقية نحو السهل الساحلى ، فعند شلالات لافنجستون مثلا يبط مجرى نهر الكنفو حوالى ٢٧٣ مترا على حافة الهضبة في سلسلة من المندفعات والمساقط يبلغ عددها ٣٢ مسقطا ومندفعا . وعند شلالات أوجرابيز Aughrabies Falls على نهر أورنج يبط هذا النهر بمقدار ١٩٤ مترا . وتوجد هذه الشلالات بعد مدينة أيبينجتون Upington بنحو ٧٦ كيلو مترا . ويمكننا أن ندخل في هذا النوع المساقط التي تنشأ عند نقط تجدد شباب النهر



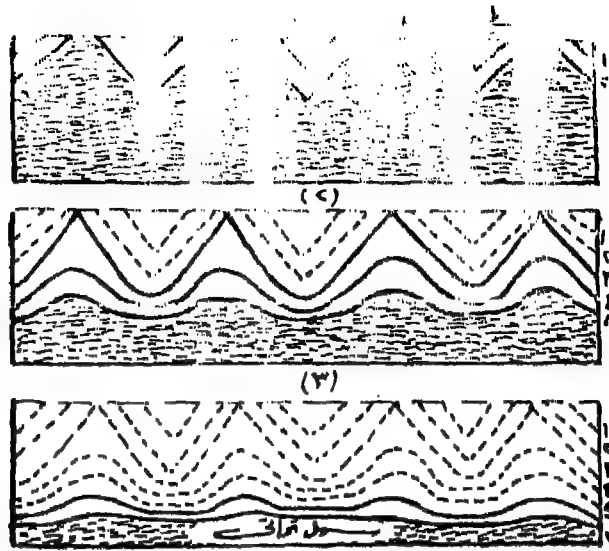
وتلعب في تشكيلها تيارات المياه المتدفقة فعل
التي تسمى الماشية في أوقات الفيضان المتناخضة

شكل (١٠٠) شلالات نياجرا

Knick Points ، سواء بسبب هبوط سطح المنطقة التي يصب فيها النهر أو بسبب ارتفاع سطح المنطقة التي يجري فيها (كما سنبين فيما بعد) .

(٣) حدوث تعددع في قشرة الأرض بترتيب عليه زحف الطبقات بحيث تقسم إحدى الطبقات اللينة على جانبي الكمر من ناحية المصب أمام طبقة شديدة الصلابة على جانبيه من ناحية المنبع . وتعتبر شلالات فكهوريا على نهر الزميرى في إفريقيا مثالا لهذا النوع من المساقط . ويبلغ ارتفاع هذه المساقط ١١٩ مترا ، وهي توجد في منطقة صحورها بازائية . وقد ساهم في نشأتها حدوث سلسلة من الصدوع التي ترتب عليها وجود بعض خطوط الضعف التي اندفعت فيها المياه . وقد كانت بعض هذه الصدوع مقطوعة ، ولهذا السبب فإن الانحاف الذي تكون على الجانب الأدنى من الشلالات يسير في تعاريض متعامدة على بعضها تقريبا ، وقد كانت خطوط مناطق الضعف التي أوجدتها الصدوع عاملا مساعدا على سرعة تراجع المساقط ، ويبلغ طول الانحاف الذي نشأ بسبب هذا التراجع ٩٠ كيلو مترا .

(٤) زيادة سرعة تعميق أحد الأنهار الرئيسية لجراه أكثر من سرعة تعميق روافده بجاريها ، وهي ظاهرة موجودة بكثرة في المناطق التي ساهم الجليد في حفر وديانها ، حيث أن حفر الجليد لبعض الوديان الرئيسية يكون أعمق من حفره لبعض روافدها ، ولذلك فإن قاع هذه الروافد يكون أعلى من قاع الأنهار الرئيسية . وتعرف هذه الروافد باسم « الوديان المعلقة » Hanging Valleys . وتتكون المساقط المائية عادة عند مصبات هذه الروافد . وهي ظاهرة موجودة بكثرة في المناطق التي ساد فيها انجمت الجليدي في بعض المعمور مثل جبال الألب في أوروبا . وسنعود للكلام على هذه الظاهرة عند الكلام على التعرية الجليدية في الفصل السابع عشر (راجع شكل ١١٢) .



شكل (١١٠) الدورة التعاقبية المائية في منطقة جديدة

- (١) مرحلة اللعب والشباب - تحفر المياه وداناً جديدة في السطح الأصلي
 بشكل رقم ٧ ، ويمثلها السطحان ١ و ٢ في الشكل .
 (٢) مرحلة النضج - تبدأ باختفاء السطح الأصلي ، ويكون السهل الفيضي
 ويتزايد اتساعه ويتزايد هبوط المرتفعات. وتمثلها السطوح ٣ و ٤ في الشكل.
 (٣) مرحلة الشيخوخة - تختفي الجبال تدريجياً وتحول المنطقة إلى شبه
 سهل أو سهل تحاقى ، ويمثلها السطحان ٥ و ٦ .

دور المياه الجارية في تشكيل سطح الأقاليم الجافة

دورها في النحت :

على الرغم من قلة مياه هذه الأقاليم ، وخصوصاً في الأقاليم الصحراوية
 التي قد لا يسقط فيها المطر إلا بمعدل مرة واحدة كل بضع سنين ، فإن المياه
 الجارية تلعب دوراً هاماً في تشكيل سطح هذه الأقاليم سواء بطريق النحت

أو طريق الارساب من الثابت ، مثلا أن المياه الجارية هي المسئولة عن حفر جميع الأودية التي تقطع سطح الصحارى في كثير من المناطق ، ولكن كثيرا من هذه الأودية ذات أحجام ضخمة بدرجة لا يمكننا معها أن نتصور أن الأسطار الصحراوية في الوقت الحاضر هي المسئولة عن حفرها ، ولذلك فإن هناك إجماعا على أن هذه الأودية الكبيرة ، والتي قد يصل حجم بعضها إلى حجم نهر النيل ، قد ظهرت في عصور قديمة كانت أمطار الصحارى أثناءها أكثر من أمطارها الحالية . ومن أهمها عصر البليستوسين الذي يتفق مع ما يعرف بالعصر المظلم ، في العر دض المتوسطي ، وعصر الجليد ، في العروض العليا . ومع ذلك فإن الأمطار الحالية للأقاليم للجافة عموما ومن بينها الصحارى هي المسئولة عن حفر كثير من الأخوار التي تجري فيها المياه في موسم معين فقط بينما تجف في باقي الواسم ، وأغلبها ينحدر على اليابس بسبب قلة مياهها التي لا تكفي لغوصها إلى البحر أو المحيط . كما أن هذه الأمطار هي المسئولة كذلك عن حفر كثير من أودية السيول التي تقطع جوانب الجبال فتؤدي إلى تآكلها ونزاجها باستمرار ، وكثيرا ما تشاهد جوانب المرتفعات وقد قطعتا عشرات الأودية العميقة إلى كتل صغيرة متجاورة .

دورها في الارساب :

وبالإضافة إلى مظاهر التآكل التي تقوم بها المياه الجارية في الأقاليم الجافة فإن هذه المياه هي المسئولة كذلك عن تكوين كثير من مظاهر الارساب المهمة في هذه الأقاليم . وأهم هذه المظاهر هي الدلتاوات الجافة Dry Deltas وهي التي تسمى كذلك بالمراوح الفيضية Alluvial Fans ، ويقصد بها الدلتاوات التي تتكون عند نهايات الأخوار أو عند نهايات مجارى السيول بعد خروجها من مناطق الجبال إلى السهول المجاورة . ونظراً لقوة اندفاع مياه السيول

المياه ، ويطاق على هذه الحافة اسم الحافة النهرية River Chiff ، ونتيجة لاستمرار نشاط التآكل الجانبي يزداد اتساع نطاق المنحنيات التي تفرزح بالتدريج نحو المصب نتيجة لتآكل أجزائها الواحية للتيار، كما تتناقص أحجامها ليس السبب حق تلاشي ولا تبقى منها إلا تلالا منعزلة، ويترتب على زحف المنحنيات نحو المصب ، مع تآكل منحدرات الاندلاق وتراجع الحافات النهرية بعيدا عن المجرى أن يتسع السهل الفيضي ويستوى سطحه تقريبا . وتكون حدود هذا السهل هي الحافات النهرية التي تكون قد ابتعدت كثيرا عن النهر .

أما في مرحلة الشيخوخة : التي تمثل عادة في القسم الأدنى من النهر ، فيكون السهل الفيضي قد وصل إلى أقصى اتساع له، ويمرر النهر في وسطه دون أن تكون له جوانب مرتفعة ولذلك فإنه يكون كثير المنحنيات وكثير الفيضان على الجانبين، وقد يزداد اتساع السهل الفيضي نتيجة للانهيارات التي تحدث في جوانبه أو نتيجة للتآكل الذي يحدث عندما تصل مياه الفيضان إلى هذه الجوانب أو عندما تصل إليها المنحنيات .

وقد يحدث في هذه المرحلة أن تقطع إحدى المنحنيات من مجرى النهر نتيجة لاقتراب طرفيه من بعضهما بسبب التآكل ثم اندداد هذين الطرفين بالإرساب ، وعندئذ يتحول المنحنى إلى بحيرة يطلق عليها اسم البحيرة الهلالية Crescentic lake ، أو بحيرة ظهر الثور القوس Ox - bow - Lake أو البحيرة المقاطعة Cut - off - lake . ويمتد هذا النوع من البحيرات من الصفات المديدة للسهرل الفيضية الأنهار في مرحلة الشيخوخة (شكل ١٠٦) .

تكوّن النهر ، أو رجوعه إلى الصيا والتجديد : Rejuvenation

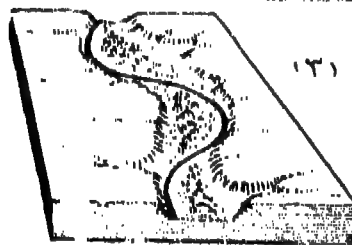
على الرغم من أن وصول الأنهار إلى مرحلة التعادل يمثل آخر مرحلة من مراحل دورتها التعادلية ، كما سبق أن بينا عند الكلام على التقطاع الطولي ، فإن النهر قد يعيد دورته مرة أخرى نتيجة لحدوث تكوّن في حياته يترتب



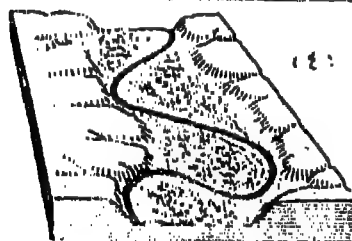
(١) الصبا والشباب - يبدأ حفر
الواديان وتعديهما وتأخذ كلها شكل
رقم ٧ .



(٢) بداية النضج - يبدأ تكون
السهل الفيضي ، ويبدأ المجري في
التدرج .



(٣) النضج - يتسع السهل الفيضي
وتتعمد الحافتان عن مجرى النهر ،
وتتعمد التوابع تدريجياً إلى
المنحنيات .



(٤) بداية الشيخوخة - يميل
الوادي كل نطاق المنحنيات بعد
تزعزعها نحو المصب .



(٥) الشيخوخة - يبالغ السهل
الفيضي أقصى اتساعه ، وقد تقطع
من المجري بحركات هلالية .

شكل (١٠٣) تطور القطاع العرضي للنهر

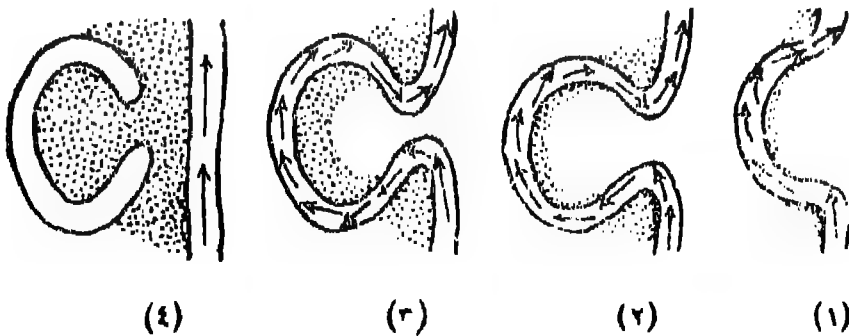
عليه رجوعه إلى صباه وشبابه فيجدد بالتدريج نشاطه في تعميق قاعه .
وتحدث حالة المنكوص إذا هبط مستوى قاعدة النهر لأى سبب من

الاسباب مثل حدوث حركة رفع في المنطقة التي يجري فيها أو حدوث هبوط في منسوب سطح المنطقة التي يصب فيها إن كانت بحرا أو بحيرة أو غيرها ففي هذه الحالة يهبط مجراه هبوطا فجائيا على هذه الحافة التي تكونت بسبب هبوط مستوى القاعدة وبطابق على هذه الحافة اسم «نقطة النكوص Knick Point» أو «رأس التجديد Rejuvenation Head» وعندما يتكون مسقط مائي .

إلا أن هذا المسقط لا يبقى في مكانه بل يتراجع تدريجيا نحو المنبع نتيجة لتآكل حافة السفوط بواسطة المياه التي تسقط فوقها ولانتيار أجزائها العليا نتيجة لتآكل الطبقات التي تركز عليها إن كانت أقل منها صلابة . ويسمى هذا التراجع ببطء حتى يصل النهر مرة أخرى إلى مستوى التعادل الذي يقلام مع مستوى القاعدة الجديد . وقد يحدث أن يحدد النهر

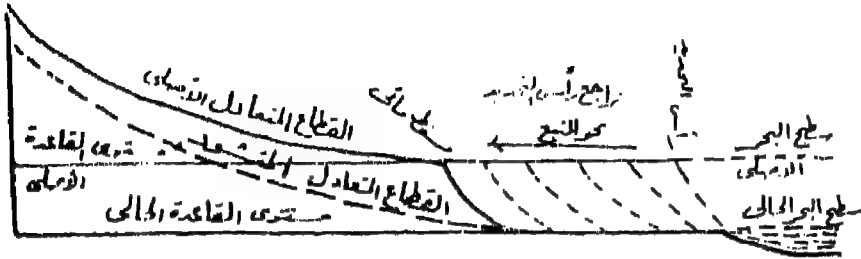


شكل (١٠٤) النحت والارساب في ثلية نهرية

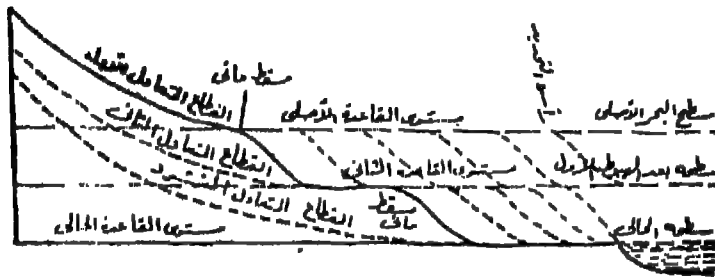


شكل (١٠٥) مراحل تكوين بحيرة هلالية

الواحد شبايه أكثر من مرة ، وعندئذ تتكون في مجراه عدة مساقط مائية على حسب عدد مرات التجديد (راجع الشكلين ١٠٦ و ١٠٧) .



شكل (١٠٦) تجديد شباب النهر بسبب هبوط مستوى القاعدة وأثره على القطاع الطولي للنهر .



شكل (١٠٧) تجديد شباب النهر مرتين وأثرهما على القطاع الطولي للنهر

وبالإضافة إلى تأثير النكوص على لاقاع الطولي للنهر فإن له تأثيراً كذلك على قطاعه العرضي ، حيث يؤدي إلى تكون مصاطب أو مدرجات نهرية على جانبيه كما يلي .

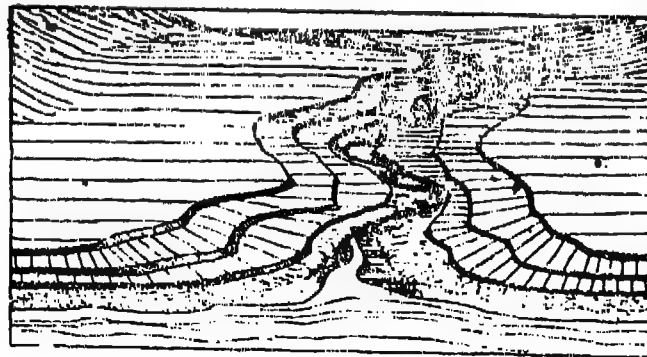
المصاطب النهرية River Terraces

وهي عبارة عن درجات رسوبية تمتد على جانبي مجرى النهر وتتكون من الرواسب التي حملها النهر أثناء تطوره . وتعتبر هذه المصاطب من المظاهر الرئيسية التي يسببها نكوص النهر وعودته إلى مرحلة الصبا والشباب .

Rejuvenation ، ولذلك فإن هناك علاقة وثيقة بينها وبين نقط التعجيل Knick Points . فعندما يتجدد نشاط النهر لأي سبب من الأسباب التي تؤدي إلى تغيير مستوى قاعدته (كما سبق أن ذكرنا عند الكلام على هذه الظاهرة) فإنه يعود إلى شق مجرى جديد له وسط مجراه الأصلي ، فتختلف نتيجة لذلك مصطبتان متقابلتان على جانبيه وتكون هاتان المصطبتان متساويتين في أول الأمر ، ولكنها تضيقان بالتدريج بسبب التآكل الجانبي الذي يعاود نشاطه بعد أن يكون النهر قد انتهى أو كاد ينتهي من تعميق مجراه الجديد . فإذا ما حدث وتكرر تكوّن هذا للنهر وعاد إليه صباه وشبابه مرة ثانية فإن مصطبتين أخريين تتكونان بنفس الطريقة ولكن على مستوى أدنى من مستوى المصطبتين الأوليين ، ومن الممكن أن تتكرر نفس العمليات مرة ثالثة ورابعة أو أكثر فتتكون في كل مرة مصطبتان جديدتان وهكذا . ونظرا لأن المصاطب تتميز بمتنظورها لعوامل التعرية ولغير ذلك من عوامل الهدم



شكل (١٠٨) ثلاثة أزواج من المصاطب النهرية المتعاقبة



شكل (١٠٩) منظر مجسم لمصاطب نهرية عند مصب النهر

التي تنتج عن النشاط الحيواني أو البشري ، فإنه كلما زاد قدم هذه المصاطب اختفت معالمها ، ومع ذلك فمن الممكن الاستدلال عليها وإعادة تصورهما بعد دراسة ما يمكن أن يوجد سوا من بقايا متناثرة على طول النهر ، حيث أن كل زوج من المصاطب المتقابلة تكمن له صفاته الخاصة من حيث نوع الرواسب وعمرها وأنواع الحفريات والآثار الخشابة التي تختلط بها .

الدورة التآكلية المائية

Cycle of Water Erosion

في أوائل القرن الحالي نشر العالم الأمريكي ديفيز W. M. Davis نظريته التي أطلق عليها تعبير « الدورة الجيومورفية » والتي اشتهرت بعدة باسم « الدورة التآكلية » Cycle of Erosion أو الدورة الجيومورفولوجية . وقد كانت هذه النظرية بداية لنهضة قوية في دراسة الجيومورفولوجيا^(١) الحديثة ، وعلى الرغم من أن بعض الباحثين قد وجدوا إليها كثيرا من النقد فإنها ما زالت تعتبر حتى الآن من أهم الموضوعات التي تتضمنها دراسة أشكال سطح الأرض ، وخصوصا بالنسبة لدراسة الأنهار .

وتتلخص هذه النظرية في أن مظاهر سطح الأرض في أى منطقة إنما هي نتيجة لثلاثة عوامل مجتمعة وهي التركيب الجيولوجي لهذه المنطقة ، ثم العوامل التي تؤثر على سطحها ثم المرحلة التي وصلت إليها في تطورها . وقد تلخص ديفيز نظريته بهذه في عبارته . المشهورة ، وهي : « Landscape is a Function of Structure, Process and Stage » . وجوهر هذه النظرية هو أن سطح الأرض يتغير باستمرار ، وأنه في تغيره هذا يمر بمراحل معروفة . وقد شبه ديفيز هذه المراحل بالمرحلة التي يمر بها حياة الإنسان

(١) أن ديفيز نفسه لم يستخدم تعبير « جيومورفولوجية » عند اقتراحه للنظرية الدورة التآكلية وكان يستخدم تعبير « الدورة الخشابة » ، أما تعبير « جيومورفولوجية » فقد اقترحه باحثون آخرون من بعده .

أو الحيوان وأهمها مرحلة العصب والشباب Old Stage ومرحلة النضج Maturity Stage ، ومرحلة الشيخوخة Old Age Stage . وقد أدخل بعض الباحثين المصربين تسميات أخرى لزيادة تفصيل هذه المراحل مثل مرحلة المراهقة Adolescence Stage ويقصد بها المرحلة المبكرة من الشباب ، ومرحلة الكهولة Senility Stage ويقصد بها المرحلة المتأخرة من الشيخوخة ولكل مرحلة من هذه المراحل مظاهرها الخاصة التي يمكن ملاحظتها بسهولة في الأشكال المختلفة لسطح الأرض ، وخصوصاً أشكال المجاري المائية .

وتبدأ الدورة الجيومورفولوجية لأي منطقة بمجرد ظهورها لأول مرة على السطح ، وليكن من تحت سطح ماء البحر ، فعندئذ تبدأ عوامل التجوية وعوامل التآكل المختلفة في تشكيل سطحها وتبدأ معها مرحلة العصب والشباب في تطور هذا السطح وفي هذه المرحلة تحفر المياه الجارية ودياناً ضيقة شديدة الانحدار من نكتل الصخور الجارية والفتات الصخرية والحفر الوعائية والبرك ومساقط المياه وتكون التلالعات المرصبة لوديانها بشكل رقم ٧ ، وقد يتجمع بعضها في بحيرات يخرج منها المياه في مجاري أخرى . وبمرور الزمن يأخذ السطح الأصلي المنطوية في التآكل حتى يختفي تماماً وباختلافه تذهب مرحلة العصب والشباب وفي نفس الوقت تبدأ الأنهار الرئيسية في تكوين سهولها الفيضية . ويعتبر بدء تكون هذه السهول علامة رئيسية من علامات انتهاء مرحلة الشباب وبدء مرحلة النضج . وعندئذ تكون معظم الأنهار الرئيسية قد وصلت إلى مرحلة التعادل .

وعند بدء مرحلة النضج يكون كل السطح الأحصى قد زال تقريباً وتكون قمم الأراضى المرتفعة التي تفصل بين الأنهار والأحواض المتجاورة مائلة للاستدارة ويؤدي تآكلها المستمر إلى اندماض سطحها بالتدرج . وفي هذه المرحلة والمرحلة السابقة تلائم الأنهار نفسها مع التركيب الجيومورفي للمنطقة بحيث أن مجاريها تكون عمهورة في طبقات هذا التركيب ، وفي هذه المرحلة تصل كل المجاري النهرية حتى العميقة منها إلى مرحلة التعادل .

وعندما تسيل المنطقة إلى مرحلة الشيخوخة تكون قد تحولت إلى شبه سهل penoplate « pono » تقريباً ، لأن سطحها لا يكون سهلياً

قاما بل يكون كثير العموجات و تبرز فوقه بعض التلال المكونة من صخور صلبة أمكنها أن تغارم العربة و يشتهر هذا النوع من التلال باسم موفاد فوكس Monadnock ، نسبة إلى الجبل المسحي بنفس الاسم في ولاية نيويورك بمشارب في مرتفعات الأبلش ، و توجد من نوعها تلال كثيرة منتشرة في صحارى البلاد العربية حيث تشتهر باسم « الفور » و غفده قارة . وفي هذه المرحلة تفقد الأنهار صفتها بالقاعدة الصخرية التي كانت تجرى فوقها لأن مجاريها تكون من أنقرة فوق الرواسب السميكة التي يتكون منها السهل الفيضي . ومعنى ذلك أن التركيب الجيولوجي لا تكون له صلة مباشرة بها . وتكون هذه الأنهار بطيئة الجريان وكثيرة المنعنيات (راجع شكل ١٠٩) .

وعلى الرغم من أن مرحلة الشيخوخة تمثل آخر مرحلة من مراحل الدورة المتعاقبة المائية فإن الدورة كلها قد تكرر في نفس المنطقة أكثر من مرة . ويحدث هذا إذا حدث ارتفاع في سطحها أو حدث هبوط في سطح البحر الذي تصب فيه أنهارها وهو السطح الذي يمثل أدنى مستوى يمكن أن تصل إليه الأنهار منذ تعميق مجاريها ، ويطلق عليه تعبير مستوى القاعدة Base-Level (وقد سبق أن تكلمنا عليه عند شرح القطاع الطولي للنهر) فإذا حدثت أي حركة من هاتين الحركتين فإن المنطقة ترجع مرة أخرى إلى مرحلة الصبا والشباب وتنشط الأنهار من جديد في حفر مجاريها ، وتبدو مظاهر الدورة الجديدة مطبوعة Superimposed على سطح السهل التعاقبي (شبه السهل) الذي تكون في الدورة الأولى فبدر الوديان النهرية الجديدة مطبوعة في وديان الأنهار القديمة . ويطلق على ظاهرة تجديد الدورة المتعاقبة بالصورة السابقة تعبير النكوص أو الرجوع إلى الصبا والشباب Rejuvenation ، وقد سبق أن ما لجنائنا عند الكلام على القطاع الطولي والقطاع العرضي للنهر .

القطاع العرضي للنهر

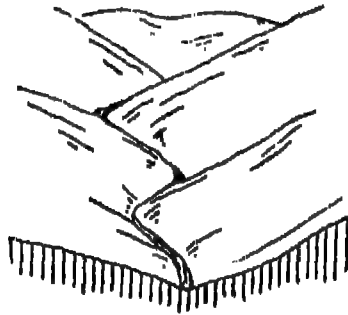
RIVER'S CROSS SECTION

تعريفه ومراحل تطوره :

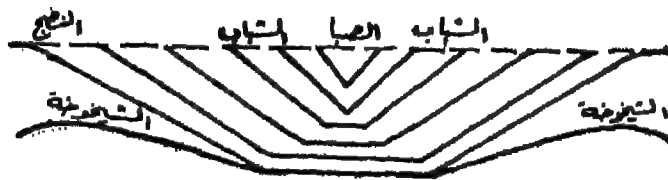
المقصود بهذا القطاع هو القطاع الذي يمد بين جانبي النهر في أى جزء من أجزائه . وكما أن القطاع الطولي له علاقة وثيقة بمراحل تطور النهر فإن قطاعاته العرضية لها كذلك علاقة بمراحل تطوره، وهى مرحلة الصبا والشباب التى تتمثل فى قسمه الأعلى ومرحلة النضج التى تتمثل فى قسمه الأوسط ومرحلة الشيخوخة التى تتمثل فى قسمه الأدنى ، أى بنفس الترتيب الذى رأيناه عند دراسة القطاع الطولى . ولكل مرحلة من هذه المراحل مظاهرها الجيومورفولوجية الخاصة التى يمكن ملاحظتها بسهولة فى قطاعاته العرضية .

فى مرحلة الصبا والشباب : يكون النهر شديد الانحدار ويكون معظم مجرى موجه إلى تعميق مجراه بواسطة عمليات النحت الرأسى وخصوصا عمليات تكوين الحفر الوعائية Pot-holes وأهمها اندفاع السواد الصخرية بمركبة حلزونية نحو القاع . وبأخذ مجرى النهر فى هذه المرحلة شكل رقم ٧ ، ولا يكون له أى سهل فيضى لأن عمليات توسيع مجراه تكون محدودة جداً سواء بواسطة النحت الجانبي أو بواسطة العمليات الأخرى المساعدة وهى التجوية وانسياب الجوانب وجرف الرواسب بواسطة الأمطار Rainwash . وفى حالات قليلة جداً تكون عمليات الترسيع معدومة تقريباً ، وفى مثل هذه الحالات يأخذ الوادى شكل خانق عميق جوانبه رأسية تقريباً . وفى كثير من الأحيان يكون مجرى النهر فى هذه المرحلة كثير التعاربج لأنه يضطر للدوران حول أى عقبة من العقبات الصخرية التى تقف فى طريقه وأهمها الأسنة الجبلية Spurs التى تدخل فى بعضها على امتداد المجرى Interlocks . ويزايد وضوح هذه التعاربج تدريجياً نتيجة للنحت المستمر فى جوانبها المحدبة

والإرساب في جوانبها المقعرة (شكل ١٠١) . وفي هذه المرحلة يكون قاع النهر غير منتظم وتكثر به الحفر الوعائية والجنادل والمذبات ومساقط المياه وتستمر هذه المرحلة حتى يصل النهر إلى مرحلة التعادل Graded . وعندئذ يبدأ في تكوين سهل فيضي حوله ، ويعتبر البدء في تكوين السهل الفيضي أحد العلاقات الرئيسية لإتمام مرحلة الشباب وهذه المرحلة التالية وهي مرحلة النضج .

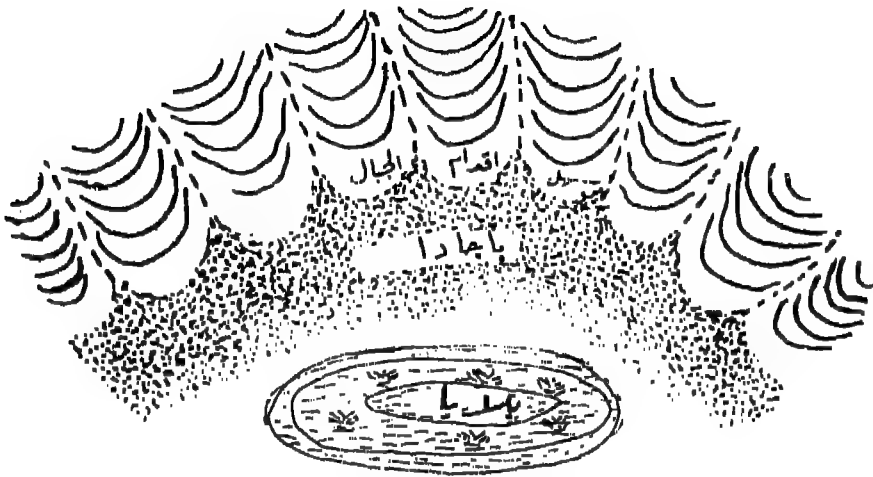


شكل (١٠١) تعاديلج الوادى فى مرحلة صباه

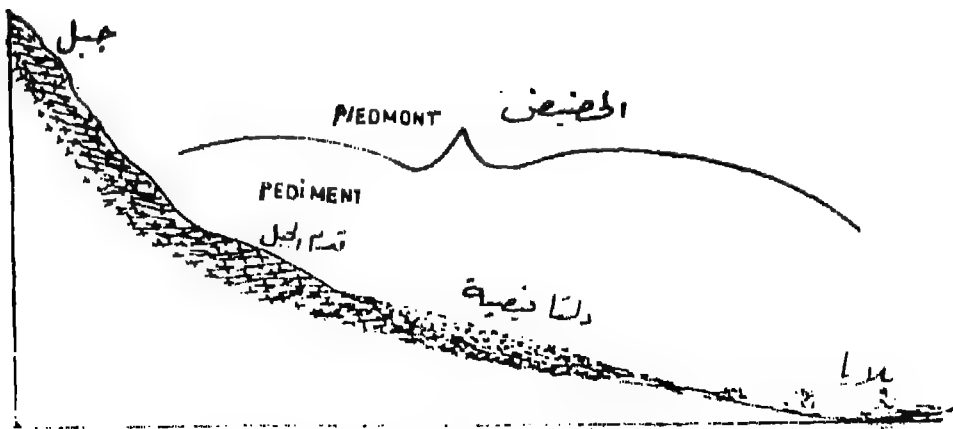


شكل (١٠٢) رسم تخطيطى يبين مراحل تطور القطاع العرضى للنهر

وفي مرحلة النضج يهبط النهر في توسيع مجراه بينما تنقص قدرته على تعميقه ، ويزداد وضوح أترجانه بسبب تزايد نشاط التآكل في جوانبها المقعرة وتزايد الإرساب على جوانبها المحدبة التي يبدأ أمامها التيار وتتحول هذه التمرجات بالتدريج إلى منبهيات Mounders تتصل بينها ألسنة رسوبية منحدره يطلق عليها اسم منحدرات الانزلاق Slip-off-Slopes ، وفي مقابل كل لسان منها تكون حافة قائمة نتيجة لتآكل المسعر في أجزائها السفلى بوا



شكل (١١١) مظاهر الانحدار والارساب المائي في الأقاليم الجافة



شكل (١١٢) قطاع في حوضيات المنطقة الجبلية من مراوية

فان الدلتاوات تكون عادة مكونة من الجلائيد وقطع الصخور والحصى والرمال الخشنة ، أما الرواسب الناعمة فيصلها المياه إلى مسافات بعيدة من الجبال .

ولا تكون الدلتاوات السيول ملاصقة لقاعدة الجبال مباشرة ولكنها تكون على بعد قليل منها لأن قوة اندفاع المياه لا تسمح بتسريب حولها بمجرد وصولها إلى قاعدة الجبل ، ولذلك فان الدلتا تكون مفصولة عن هذه المادة بواسطة منطقة سطحها صخري خالي من الرواسب ومقوس إلى أعلى ، ويطلق عليها تعبير « قدم الجبل Pediment » . ونظير الدلتا أمامها بشكل أقل قليل الارتفاع . وتتكون حول المرتفعات عادة سلسلة من هذه الدلتاوات ، وهي تكون مفصولة عن قاعدة الجبال بواسطة سلسلة من الأقدام الجبلية . وبمرور الزمن يزداد حجم الدلتاوات حتى تغطي بعضها ويتكون منها نطاق متصل يعرف باسم « الباجادا أو الباهادا Bajada or Bahada » ، كما يزداد اتساع الأقدام الجبلية وتصل بعضها ويتكون منها سهل سطحه صخري مقوس يعرف باسم « سهل أقدام الجبال Pediplain » . ومن الواضح أن هذا السهل ينشأ بسبب التآكل وليس بسبب الإرساب .

ولا تتوقف المياه المنحدرة من المرتفعات عند نطاق الباجادا بل إنها تواصل سيرها في السهول المجاورة حتى تصل إلى أقرب منطقة منخفضة فيمكن بها مستنقع أو بحيرة ضحلة تتوقف مدة بقائها على كمية المياه وطول موسم سقوطها ، ويطلق على هذه البحيرة بعد جفافها اسم « بلايا Playa » . وتتراكم فوق قاعها الرواسب الناعمة التي تبقى عالقة بالمياه التي تصل إليها ، كما يحيط بها سهل فيضاني مكون من نفس الرواسب تقريباً (أنظر شكل ١١٠ و ١١١) .

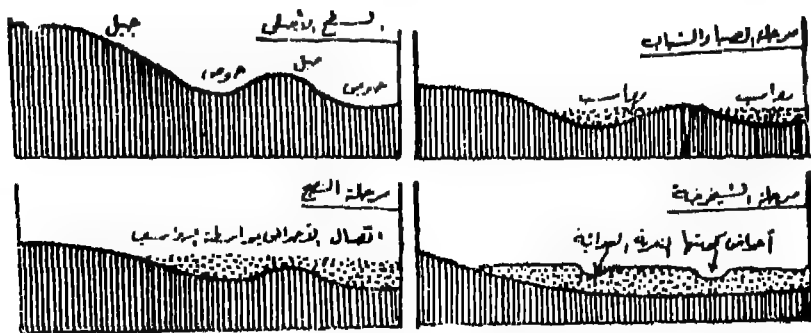
وتختلف دلتاوات الأخوار عن دلتاوات السيول من حيثة نواحي مثل مساحاتهم
الواد الرسوبية واتساع المنطقة التي تغطيها ، فدلتاوات الأخوار تكون غالباً
مكونة من رواسب أنعم من رواسب دلتاوات السيول بسبب جريان المياه
التي حملتها لمسافة كبيرة نسبياً في المناطق النهائية . ومع ذلك فإن كميات كبيرة
من الرواسب المتساقطة تتراكم عند رأس الدلتا ، كما تتكون منها طبقة ضميكة
ترتكز فوقها الرواسب الناعمة في بقية أجزاء الدلتا ، ويساعد وجود هذه
الطبقة على تكوين خزانات مياه جوفية مهمة . وتغطي دلتا الخور مادة منطقة
متباعدة أوسع من المنطقة التي تغطيها دلتا السيول ، لأن رواسبها تنتشر غالباً في
مساحة واسعة وخصوصاً إذا كان الخور متفرعاً عند نهائيه . وتعتمد دلتاوات
بعض الأخوار مراكز مهمة للتجمع البشري والانتاج الزراعي في الأقاليم
الجافة ، ومن أشهر الدلتاوات التي من هذا النوع دلتا خور الفاش (الجاش)
في شمال شرق السودان ، فقد نشأت عليها مدينة كبيرة هي مدينة كسلا التي
تعتبر منطقة من أهم مناطق الانتاج الزراعي والحيواني في البلاد .

عللة النحت والارساب المائي بالدورة النحتية الصحراوية :

منذ أن اقترح الباحث الأمريكي ديفيز Davis فكرة الدورة النحتية في
أوائل هذا القرن أخذ كثير من الباحثين يحاولون استخدامها لتفسير مظاهر
السطح الحالية للأقاليم المختلفة ومن بينها الصحاري ، ويرى ديفيز وغيره من
الباحثين مثل كينج L. G. King (في جنوب إفريقيا) أن سطح الصحاري
كان في بداية الأمر جبلياً ، وأن المياه الجارية لعبت دوراً رئيسياً في
تطوره .

وفيما يلي تلخيص لرأى ديفيز ورأى كينج في هذا الموضوع .

رأى ديفيز ، يفترض هذا الباحث أن المناطق الصحراوية كانت في بداية أمرها مكونة من سلاسل جبالية نفسها أحواض منخفضة . وكانت أمطارها أكثر منها في الوقت الحاضر ، وأنشأها مروجها في مرحلة الشباب نشطت المياه الجارية في تحت الجبال وفي نقل المواد الرسوبية نحو الأحواض المنخفضة فامتلاأت بها هذه الأجزاء ، وبامتلائها دخلت هذه المناطق في مرحلة التضييق وأخذت الرواسس تفيض من الأجزاء العليا إلى الأحواض المنخفضة حتى اتصفت جميع الأحواض ببعضها وبدأت عماليات التبعيد الصادر من الأحواض المنخفضة تعمل على تخفيض سطح هذه المناطق ، وكان ذلك هو بداية مرحلة الشيخوخة ، وفيها نقص ارتفاع الجبال بدرجة أدت إلى نقص الأمطار فلم يعد المياه الجارية دبر مهم في تشكيل السطح بينما أصبحت الرياح هي العامل الرئيسي في تشكيله حيث قامت بحفر كثير من الأحواض وتخفيض سطح هذه المناطق حتى تحولت إلى سهول تحتية .



شكل (٦) الدورة الصحراوية حسب رأي ديفيز

راى كينج : يشترك هذا الباحث مع ديفيز في الافتراض بأن سطح المناطق الصحراوية كان جبليا وأن أمطارها كانت أكثر منها في الوقت الحاضر. إلا أنه يختلف منه في شرح طريقة تحولها إلى سهول تخافية حيث أنه يربطها بعلاقات تكون سهول أقدم الجبال « Pediplains » ، فهو يرى أن التعت المائي في جوانب الجبال قد أدى إلى تكوين مناطق جرداء سطحها صخرى محدب عند قواعدها ، وهذه المناطق هي التي تعرف باسم « أقسام الجبال Pediments » كما سبق أن أوضحنا ، ويتكوّن منها المنطقة قد دخلت في مرحلة العميا والشباب . وجرور الزمن أخذت هذه المناطق تتسع على حساب الجبال حتى تحولت إلى سهول سطحها صخرى هي « سهول القدام الجبال Pediplains » وبهذا التطور دخلت هذه المناطق في مرحلة التضج ، وخلالها قوايد اتساع هذه السهول حتى أصبحت هي المظهر السائد في المنطقة بينما لم يبق من الجبال إلا أجزاء محدودة . وبعد أن دخلت المنطقة في مرحلة الشيخوخة أصبحت السهول تشغل كل أجزائها وتحولت الجبال إلى تلال صخرية متناثرة من نوع القصور ، وبهذا الشكل تحولت المنطقة إلى « شبه سهل Ponoplain » ، (أو سهل تخافى) (١) ، وقد يستمر تأكل التلال الصخرية بعد ذلك حتى تنفكك صخورها بفعل التجوية وتتحول إلى أكوام من الصخور المفككة . وتعرف هذه الأكوام باسم « قصور الشياطين » . Castle Copj .

وقد لاقى رأى كينج قبولا بين الباحثين أكثر مما لاقاه رأى ديفيز الذي ظهر قبله بحوالى نصف قرن ، لأن كينج اعتمد في شرح رأيه على

(١) راجع ما سبق أن ذكرناه من دور المياه الجارية في تشكيل سطح الأقاليم الجافة.

بعض الآراء الخديفة في تكوين السهول الصحائية . وهناك فرقان مهمان بين هذين الرأيين هما : (١) أن ديفيز يعتبر أن عمليات الإرساب تلعب الدور الرئيسي في الدورة الصحائية الصحراوية بينما تلعب عمليات الانحسار دوراً ثانوياً . أما في رأي كينج فيحدث العكس . (٢) أنه بينما يرى ديفيز أن المبوط العام في سطح المنطقة يبدأ في مرحلة النضج فإن كينج يرى أنه لا يبدأ بصورة فعالة إلا في المراحل الأخيرة لتكون السهل الصحائي .

الفصل السادس عشر

التمرية البحرية

العوامل التي تتدخل في تشكيل السواحل :

تدخل في تشكيل سواحل البحار عوامل كثيرة أهمها .

١ - التصدع الذي قد يؤدي إلى تحويل البحر في بعض المناطق وتكوين بحار وواجهات ساحلية جديدة تتفق اتجاهاتها وتاريخها مع اعداد الصدوع . والمعروف أن تملقات واسعة من سواحل المحيطات قد نشأت نتيجة للتصدع الذي حدث في كتلتى لوراسيا وجندوانا وترتب عليه انفصال الكتل التي كانت القارات الحالية .

٢ - حركات الرفع أو الخفض التي تنتج من الحركات الأرضية المختلفة سواء في ذلك الحركات الأفقية أو الرأسية ، ومن أهمها حركات الانثناء التي قد تؤدي إلى طغيان البحر على بعض مناطق اليابس أو إلى ارتفاع قاع البحر أو مناطق اليابس المجاورة له .

٣ - عوامل التجوية التي تؤدي إلى اضافات صخور السواحل وتفكيكها وتفجيتها فتساعد بذلك على انهيارها أو تآكلها بفعل عوامل التمرية المختلفة .

٤ - عوامل التمرية ، فسواحل البحار بالذات يمكن أن تتأثر بكل عوامل التمرية ولكن بدرجات متفاوتة ، فالرياح تقوم بنحت الصخور وبريسها ، ونقل الرمال وتوزيعها على الشواطئ . بأشكال مختلفة من أهمها الكثبان الشاطئية ، كما أنها من العامل الرئيسى الذي يتحكم في حركات الأمواج والتيارات البحرية التي تعبر بدورها من العوامل الرئيسة في تشكيل السواحل (كما سنبين هذا قليل) ، كما أن المياه العجارية تدخل في الأخرى في تشكيل

السواحل بما تجابه إليها من رواسب قد تؤدي إلى تقدم الساحل على حساب البحر ، أو بما تحفره فيها من وديان تغمر مياه البحر أجزاها الدنيا فتظهر بشكل خلجان يطلق عليها اسم المصببات الخيلية *Estuaries* ، كما أن الأمطار نفسها قد تجرف كثيرا من التكوينات الساحلية وتلقي بها في المياه الشاطئية . كما أن الجليد يعتبر كذلك من العوامل الرئيسية في تشكيل سواحل الأنهار الباردة لأنه يقوم عند انحساره على جوانب الجبال المشرقة على السواحل بفتح وديان عميقة تملح السواحل فإذا ما انحمرتها المياه فاشيا تظهر بشكل حواجز عميقة جوانبها قائمة أو شديدة الانحدار تعرف باسم الفيوردات *Fjords* .

هـ - نوع الصخور الساحل والتراكيب التي توجد فيها ، فمن الواضح أن تفكك الصخور وتفتتها بواسطة عوامل التجوية أو تأكلها بواسطة عوامل التعرية توقف إلى حد كبير على درجة تأثير هذه الصخور بكل عامل من هذه العوامل . كما أن التراكيب الجيولوجية التي توجد فيها هذه الصخور لها في الاخرى دخل في تحديد درجة مقاومتها للعوامل المختلفة . فإذا كان الشاطئ مكونا من طبقات رسوبية متجانسة وكانت هذه الطبقات أفقية أو مائلة نحو اليايس كانت مقاومتها للأمواج أشد مما لو كانت غير متجانسة ومائلة نحو البحر لأنها في الحالة الأخيرة تكون معرضة لكثرة الانهيار *Landsliding* . وإذا كانت الصخور كثيرة الشقوق والمفاصل فإن تأثيرها بعوامل التجوية والتعرية يكون أكبر .

دور الأمواج في تشكيل السواحل

قوة الأمواج وحركاتها :

الأمواج هي أقوى الحركات المائية تأثيرا على السواحل ، فعلى الرغم من أن حركات المد والجزر وحركات التيارات البحرية لها أدوار جيومورفولوجية

معروفة ، فإن هذه الأدوار لا يمكن أن تفارن بالدور الذي تقوم به الامواج .
 وأهم أنواع الامواج تأثيرا على السواحل هي أمواج الارتطام (راجع الفصل
 الثامن) وتقدر القوة التي تنتج من ارتطام هذه الامواج بالشواطىء بما
 يتراوح بين ٣٠٠ و ٣٠٠٠ كيلو جرام على المتر المربع الواحد . وترتبط
 بتقدم هذه الامواج وتقهقرها حركات معينة في المياه الشاطئية ، فعند تقدمها
 تنكسر على الشاطئ وترتفع مياهها ويقتحم نحو البر في حركة يطلق
 عليها تسمية « تقدم البعير Swash » وعند تراجعها ينخفض السطح بحركة يطلق
 عليها تسمية « لراجع البعير Backwash » . وفي أثناء حركة تقدم البعير
 يتكون تيار مائي سطحي يتحرك على القاع في اتجاه متعاكس أى نحو البحر ويطلق
 عليه اسم « تيار السحب Undertow Current » ، وهو يقوم بحرف بعض
 رواسب الشاطئ نحو البحر .

وتتوقف قدرة الامواج على النحت على عدة عوامل أهمها :

- (١) قوة الامواج نفسها . (٢) طبيعة الصخور الشاطئية من حيث درجة
 صلابتها ونساقط طبقاتها واتجاه ميلها وما يوجد بها من مناطق ضعف مثل
 الشقوق والمفاصل . (٣) طبيعة الساحل من حيث كونه مكونا من جروف
 قائمة أو مسطحات رملية منخفضة أو بطيئة الانحدار ، ومن حيث كونه
 محيا إلى خلجان هادئة المياه أو مكشوفة للتصادم المباشر بالامواج .
 (٤) كمية ما تلتصقه الامواج عند تحركها من مواد صخرية مثل قطع الصخور
 والحصى والرمال ، فكلما زادت كمية هذه المواد وزادت أحجامها زادت قدرة
 الامواج على تحطيم الصخور الشاطئية ونحتها .

وأعلى منسوب لعمليات النحت الناشئة من الامواج هو منسوب المسد
 الأعلى ، أما أدنى منسوب لتأثيرها فليس هناك اتفاق على تحديده ولكنه قد

لا ينخفض في الغالب عن منسوب أدنى مستوى للجزر بأكثر من ١٤ متراً ،
على حسب رأي بعض الجيومورفولوجيين مثل شيرد (١) .

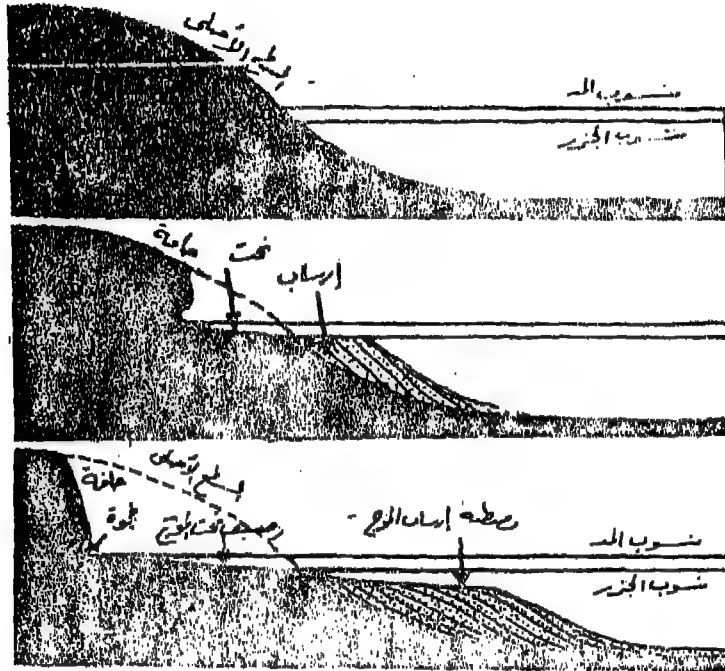
الدورة الساحلية (شكل ١٠٧) :

يبدأ تطور السواحل بمجرد ظهورها وتلاطم الامواج بها ، فاذا فرضنا
أن الساحل كان صخرياً ومائلاً نحو البحر فإن أول عملية تقوم بها الامواج
نتيجة لتلاطمها به هي تكوين فجوة Notch على امتداد قاعدة الحافة الساحلية
على المستوى الذي يشتد فيه نحت المارج وهو المستوى الذي يتفق مع منسوب
المسد ويساعد لتكوين هذه الفجوة على ظهور الساحل بشكل حافة Cliff
قائمة تقريباً ، يؤدي استمرار نحت الامواج في قاعدة هذه الحافة إلى تراجعها
وتكوين رصيف صخري مكان الجزء الذي تراجع ، ويطلق على هذا الرصيف
اسم « رصيف تحت الموج Wave-cut Platform » . وبحواره من ناحية البحر
تتراكم المواد الصخرية التي تحملها الامواج من الشاطئ ، فتتكون منها مصطبة
رسوبية يطلق عليها اسم « مصطبة ارساب الموج Wave-built Terrace » . وفي
نهايتها من ناحية اليابس تكون الرواسب خشنة ومكونة من قطع الصخور
والحصى ثم تتضائل أحجامها وتتحول إلى رمال خشنة أو ناعمة كلما تقدمنا
في البحر ، وكلما اتسعت هذه المصطبة قل عمق المياه وتلك بالتالي قوة الامواج
وقدرتها على النحت . وفي نفس الوقت يتزايد اعتماد الحافة الصخرية من
المياه حتى تصل إلى وضع لا تدركه الامواج فيلتهم بذلك تأثرها عليها .

ويطلق تعبير « الشاطئ Bench » بصفة عامة على المنطقة المكونة من
رصيف النحت ومصطبة الارساب معا . وهو يبلغ أقصى اتساعه عندما تكون
الحافة قد اتمت تماماً عن تأثير نحت الموج . ولكنه لا يستمر دائماً على

(١) F. P. Shepard, "Submarine Geology", New York 1943.

حاله ، لأن المياه تمارل دائماً أن تجرف الرواسب نحو البحر ، وبخاصة
عند اشتداد الموج ، فيتناقص بذلك اتساع المعطبة الإرساب ، وتناقص اتساع
الشاطئ تبعاً لذلك .



شكل (١٠٧) الدورة التمهيدية الساحلية

وهكذا فإن السواحل تمر عند تطورها بمراحل تشبه مراحل تطور
الأنهار وهي مراحل العيا والشباب ثم النضج ثم الشيخوخة ، وتبدأ مرحلة
العيا والشباب عندما تبدأ الأمواج في حفر المعوجة الطولية في الساحل المعجى
وتنتهي بتكوين رصيف تحت الموج ومعطبة إرسابه ، وفي مرحلة النضج يزداد
اتساع الرصيف والمعطبة وتتناقص مقدرة الموج على الحث والإرساب
ويأخذ قطاع الشاطئ من الكثافة إلى بداية المياه العميقة سهلاً مقوساً ، وهذه
هي المرحلة التي تقابل مرحلة التماثل في تطور القطاع الطولي للنهر ، وفي

مرحلة الشيخوخة يزداد تدمج القطاع نتيجة لاستمرار تأكل الحافة بواسطة عوامل التعرية ، وتراكم المراتب الرسوبية أمامها ، وقد يتكون على امتداد الشاطئ الضحل من ناحية البحر شريط رسوبي مرتفع نوعا ما نتيجة لهذه تكرار الأمواج عند تقدمها نحو الشاطئ ، ويطلق على هذا الشريط تيمج « خط الارتطام Beauker's Line » وقد يكون هذا الشريط مغشورا ولكنه قد يبرز كذلك على السطح، ويطلق عليه في هذه الحالة اسم « الشاطئ الحاجز » وتقتصر بينه وبين الشاطئ الأصلي منطقة ضحلة مياهها هادئة ، وقد تشغل هذه المنطقة مسطحات مائية مقفلة أو شبه مقفلة يمكن منها نطاق من البحيرات الضحلة المعروفة باسم « البحيرات الشاطئية Lagoons » .

وكما هي الحال في تطور الأنهار فإن الدورة التعرية الساحلية قد تتكرر أكثر من مرة إما نتيجة لحدوث ارتفاع في سطح الأرض أو في منسوب سطح البحر أو هبوط في أي منها أو حدوث أكثر من حركة من هذه الحركات في وقت واحد . والمهم هو أن تؤدي الحركة التي تحدث إلى ظهور خط ساحلي جديد تبدأ الأمواج في التلاطم معه وتشكيله .

بعض الاشكال الجيومورفولوجية الساحلية :

الاشكال الناتجة عن النحت :

الكهوف Caves : وهي عبارة عن فجوات متعمقة حفرتها الأمواج في السواحل الصخرية ، ويساعد على تكوينها وجود مناطق ضعف في الصخور مثل الشقوق والمفاصل والأسطح الطبقية أو وجود طبقات لينة وسط طبقات صلبة في المستوى الذي يتأثر بحركة الأمواج ، حيث أن اندفاع المياه وانضغاط الهواء في داخل الشقوق والمفاصل ثم خروجها منها في حركات متوالية يؤدي إلى إضعاف جوانب الصخور وتأكلها ثم انهيارها . وقد تشترك عمليات التجوية في توسيع الكهوف ، وخصوصا في المناطق



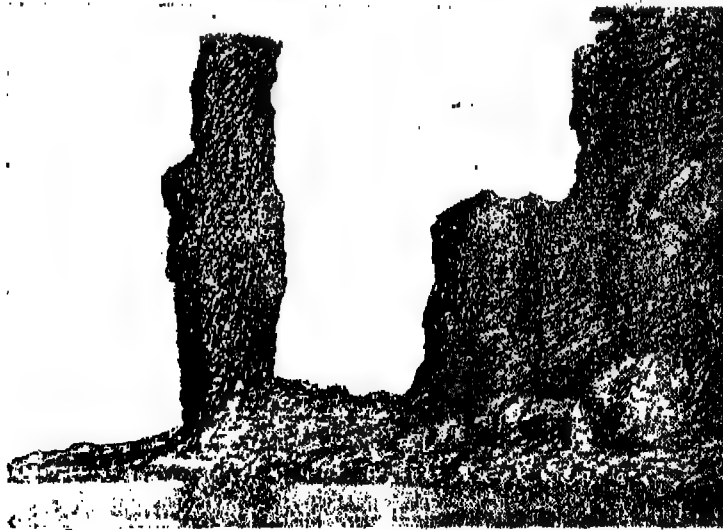
شكل (١٠٨) قوس بحري



شكل (١٠٩) صخور بارزة أمام الساسل ومختلفة
من الحالة الساسلية المتراجعة

الصبخور البحرية، حيث أن تسرب مياه الأمطار المحملة بثاني أكسيد الكربون في هذه الصخور يساعد على ذوبانها وعلى توسيع الكهوف .

الأقواس والمسلات البحرية . يرمي كذلك من المظاهر الناتجة عن تحت الموح في الواحل الصخرية . وتتشأ الأقواس البحرية Sea Arches بدرجة لبعث الأمواج في جانبي أحد الالسة الصخرية الممتدة في البحر ، بحيث يؤتى هذا اللحت إلى تكوين كيف على كل جانب، منها ، ويزداد عمق الكهدين تدريجياً حتى يتقابلان وتكون منها فتحة في الال الذي يبدو له هذه الحالة بشكل قوس أو بوابة (شكل ١٠٨) وكما زاد اتساع القوس ضعف الجزء العلوى منه حتى يسقط إلى القساع وعندئذ تظهر مقدمة القوس بارزة بشكل طابود صخرى يطلق عليه اسم « المسلة البحرية Sea Stack » (شكل ١١٠) ولا يشترط أن تكون كل المسلات من أقواس بحرية ، لأنها يمكن أن تنشأ كذلك من تآكل المواضع اللينة من اللسان البحرى بينما تبقى الأجزاء الصلبة منه بارزة أمام الساحل .



شكل (١١٠) مسلة بحرية

الحافات البحرية Sea Cliffs : ويقصد بها الجروف الصخرية التي
تتشأ نتيجة لنحت الموج ، كما سبق أن بينا ، وهي تتباين فيما بينها تباينا كبيرا
على حسب نوع الصخور الشاطئية ، ودرجة ملاءمتها للسمت وترتيب طبقاتها
ومدى تماسكها واتجاه مياهها ، ووجود مناطق ضعف بها مثل الشقوق والفواصل
والأسطح الطبقية .

وفي بداية الدورة التعاقبية الساحلية تكون الحافة مشرفة على مياه البحر
مباشرة ، وفي مرحلة الميا والشباب يتكون بينها شاطئ منخفض ، ويزداد
اتساع هذا الشاطئ ، في مرحلة النضج ، حتى تتعد الحافة تماما عن تأثير موج
البحر ، وفي مرحلة الشيخوخة تآكل هذه الحافة وتندرج نحو الشاطئ
وتتراكم عند قاعدتها المواد الصخرية التي تلتصق من تآكلها .

رصيف نحت الموج Wave-cut Platform : ويقصد به المصطبة
الصخرية التي توجد في حوض الحافة ، وهي تتكون نتيجة لنحت الموج .
ويزداد اتساع الرصيف بالتدريج ما دامت الأمواج تستطيع أن تصل إلى
قاعدة جروف الحافة .

ب - الأشكال الناتجة عن الإرساب :

الشواطئ الرملية والشواطئ الحصوية : وهي الشواطئ التي تتكون منها
مصطبة إرساب الموج Wave built Terrace ، وهي تتكون من المواد
التي تمنعها الأمواج من جروف الشاطئ وتأتي بها إلى المياه الشاطئية . ويزداد
تراكم الرواسب يزداد ارتفاعها حتى تظهر فوق سطح الماء ، وتصبح جزءاً
رئيسياً من الشاطئ ، وتتكون رواسب هذه الشواطئ من مواد صخرية
مختلفة الأحجام أهمها الحصى والرمال ، وهي تزداد خشونة كلما اتجهنا نحو
جروف الحافة حتى أنها قد تكون عند قاعدة هذه الجروف مكونة من
الأحجار والحصى الكبير ، وتكون كلها في الغالب ملساء ومائلة للاستدارة

يسبب عمليات المد والجزر التي تحدث فيها عندما تحرك بهضما وبالرمال أثناء تقدم الموج وتقهقره . ويطلق على الشواطئ التي تسود بها هذه المواد اسم الشواطئ الحصوية Shingle Beaches ، وهي من المظاهر التي تشهدها السواحل الصخرية التي تشهد أمامها حركة الأمواج . أما الشواطئ التي تسود فيها الرمال فتعرف بالشواطئ الرملية Sand Beaches ، وتتكون الأخيرة عادة في الأماكن التي تبدأ فيها قوة الموج مثل السواحل المقعرة والغليجان وعلى جوانب الجزر التي تقع في اتجاه انصراف الرياح (أي التي لا تواجه الرياح مباشرة) Leeward Side .

الحواجز الرملية Sand-Bars : وهي عبارة عن أشرطة من الرواسب الرملية التي تتكون في المياه للشاطئ الضحلة ، وتكون غالبا موازية للساحل وكثيرا ما تكون مغمورة تحت الماء ، ولكنها قد تظهر كذلك على السطح ، خصوصا أثناء حدوث الجزر . والسبب في تكونها هو بدء تكسر الأمواج عند وصولها إلى المياه الضحلة ، مما يضطرها لإلقاء بعض حمولتها من الرمال . وقد تصل هذه الحواجز بالشاطئ ، فتعصر بينها وبينه مناطق بحرية مغلقة تتكون منها بحيرات شاطئية Lagoons .

الأنسنة الرملية Sand-Spits : وهي تشبه الحواجز الرملية في كونها عبارة عن أشرطة من الرواسب الرملية الممتدة في البحر ، ولكنها تختلف عنها في طريقة تكوينها ، فهي تتكون غالبا أمام فتحات الغليجان والمصببات الخليجية ، وتكون منذ بداية تكوينها متصلة من أحد أطرافها بالساحل ، وتلعب التيارات البحرية الدور الرئيس في تكوينها ، فعندما يمر التيار البحري أمام فتحة أحد الغليجان أو المصببات الخليجية فإنه يلقى بهض حمله أمامها بسبب مروره في منطقة ضحلة مياهها هادئة . فينتج عن ذلك تكون لساق رملي أمام فتحة الخليج أو المصب .

الفصل السابع عشر

التعرية الجليدية

GLACIAL EROSION

المقدمة :

يعتبر الجليد من أهم العوامل التي لعبت في الماضي ، ولا تزال تلعب في الحاضر ، دورا أساسيا في تشكيل سطح الأرض ، ولا تزال آثار التعرية الجليدية القديمة ظاهرة حتى الآن في كثير من المناطق التي تدخل في الوقت الحاضر ضمن الأقاليم المعتدلة أو الحارة مثل جنوب إفريقيا وأستراليا والهند والبرازيل ، وفي المناطق التي كانت أجزاء من قارة جندوانا القديمة . ومن الثابت أن كثيرا من المظاهر الجيومورفولوجية في وسط أوروبا وشمالها ، وفي وسط أمريكا الشمالية وشمالها قد تكونت بسبب التعرية الجليدية التي قام بها الجليد أثناء زحفه على هذه المناطق خلال العصور الجليدية في البليستوسين .

وأصل الجليد Ico هو الثلج Snow الذي يتساقط بكثرة في الأقاليم الباردة ، ويشترط لتكوينه أن يكون الجو رطبا ، وكلما زاد بخار الماء في الجو زادت كمية الثلج المتساقطة ، كما يشترط أن تظل درجة الحرارة في منطقة سقوطه دون درجة التجمد لمدة طويلة حتى لا تنصهر الثلوج الساقطة ، فإذا ما توفرت هذه الشروط واستمر تساقط الثلج فإنه يتراكم ويزداد تكديسه ويزداد النقل الواقع فوقه ، فانه لا يبقى ، ويؤدي ذلك إلى تماسك بلوراته وتحوله إلى الجسم البلوري الصلب المعروف « بالجليد » .

الاشكال التي يتوزع بها الجليد على الأرض :

تأخذ تجمعات الجليد أثناء تكونها أو تحركها على سطح الأرض أشكالا خاصة تتوقف على كمية الثلوج المتساقطة وأشكال التضاريس ونظام درجة الحرارة في الأقاليم التي تتواجد عليها . وأهم الاشكال التي نذكر من ذلك هي :

- (١) الغطاءات الجليدية Ice Sheets ، (٢) الهائمات الجليدية Ice Caps ،
- (٣) الحقول الجليدية Ice Fields ، (٤) الأنهار الجليدية Glaciers .

الغطاءات الجليدية :

وهي عبارة عن مناطق شاسعة تغطيها طبقات جليدية ضخمة تخفي تحتها كل المظاهر التضاريسية لسطح الأرض ويكون سطحها مسطحاً تقريباً بحيث يبدو وكأنه بحر جليدي متسع . وقد كانت الغطاءات الجليدية في نصف الكرة الشمالي طبيعة الانسحاق خلال العصور الجليدية . فقد كانت تغطي في تلك العصور كل شمال أوروبا ومعظم وسطها وغربها . كانت تغطي معظم المناطق الشمالية والوسطى في أمريكا الشمالية ، وذلك بالإضافة إلى كل المناطق القطبية الأخرى . أما الآن فلا يوجد في العالم إلا غطاءان كبيران هما الغطاء الذي يغطي معظم جزيرة جرينلاند والغطاء الذي يغطي القارة القطبية الجنوبية كلها تقريباً . وهناك غير ذلك غطاءات أخرى صغيرة يتكون منها الشكل الذي سنطلق عليه تعبير « الهائمات الجليدية » .

ويشغل الغطاء الجليدي في جرينلاند أكثر من ثلاثة أرباع الجزيرة ، ويبلغ اتساعه حوالي $\frac{1}{4}$ مليون كيلو متر مربع ، ويزيد سمكه في الوسط عن ٢٠٠٠ متر ولكنه يتناقص كلما اتجهنا نحو المحيط . فعلى السواحل الشرقية تبرز بين الجليد كثير من التلال الصخرية التي يتكون منها السطح الأصلي للجزيرة ، وعندما يصل الجليد إلى مياه المحيط ينفص عنها فانه يتقدم على سطحها حيث يتكسر بشكل كتل ضخمة تتكون منها « الجبال الجليدية Icebergs » كثيرة . وتنتقل هذه الجبال بواسطة التيارات البحرية إلى مسافات بعيدة عن الساحل . ويختلف الحال عن ذلك بعض الشيء على السواحل الغربية للجزيرة ، فعلى طول أجزاء كبيرة من هذه السواحل تمتد سواحل جليدية مرتفعة تكاد تتحدد

الغطاء الجليدي تمهدا. واضحا من هذه الناحية، إلا أن الجليد قد استطاع أن يحفر في جوانب هذه السلاسل كثيرا من الوديان العميقة التي تكونت منها الفيوردات العديدة التي يتميز بها الساحل .

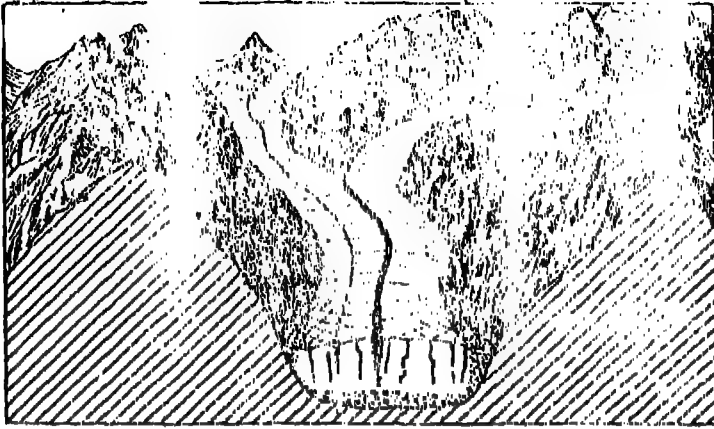
وفي القارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا) يكسو الغطاء الجليدي كل القارة تقريبا . وتبلغ مساحته حوالي تسعة ملايين كيلو متر مربع ، ويزيد سمكه في الوسط عن ٢٠٠٠ متر ، ولكنه يتناقص كلما اقتربنا من الساحل حيث تبرز من تحته كثير من اللال الصخرية والصخور النائية . وكما هي الحال في جرينلاند فإن الغطاء الجليدي في القارة القطبية الجنوبية يزحف ببطء نحو البحر حيث يتكسر ويتكون منه جبال جليدية مخلفة الأحجام ، وهذه هذه الجبال بالقرب من الساحل في نطاق كبير يطلق عليه اسم حاجز روس Ross Barrier .

٢ - المعالم الجليدية :

ويتميز بها الغطاءات الجليدية الصغيرة التي تغطي مساحات محدودة في بعض الجزر الواقعة في العروض القطبية ومن أمثلتها عمامة جزيرة نوفيا زيمليا Novaya Zemlya وعمامة جزيرة سبيتسبيرجن Spitzbergen في البحر المتجمد الشمالي .

٣ - الحائل الجليدية :

ويتميز بها التكوينات الجليدية التي تغطي بعض المناطق الجبلية في العروض الباردة وبعض الأقاليم المعتدلة الباردة ، وهي تغطي معظم منحدرات الجبال العالية ، ولكن قد تبرز في وسطها بعض القمم الجبلية المرتفعة .



شكل (١١٣) نهر جليدي

٢. الأنهار الجليدية :

وهي عبارة من السنة جليدية تمتد من حقول الجليد وتنعدر على جوانب الجبال نحو السهول المجاورة. وهي تتبع في انحدارها الوديان التي حفرتها المياه من قبل أو مناطق الضعف أو الصدع بين طبقات الصخور. وأهم ما يميز الأنهار الجليدية عن باقي الأشكال أن جليدها ينحدر بسرعة نسبية، وتوقف هذه السرعة على درجة انحدار سطح الأرض وسرعة تساقط الثلج وتراكمه في الحقل ودرجة حرارة الجو وشدة احتكاك الجليد بقاع الوادي الذي ينحدر فيه وبجوانبه، لأن هذا الاحتكاك قد يؤدي إلى انصهار بعض الجليد الملاصق لقاع الوادي وجوانبه مما يساعد على سرعة تحركه، وقد تصل هذه السرعة في بعض التلاجات إلى ثلاثين متراً في اليوم بينما قد تقل عن متر واحد في بعضها الآخر. وتكون الحركة غالباً أسرع في وسط التلاجة منها على جوانبها. وبسبب هذا الاختلاف تتكون في الجليد شقوق طولية تمتد في نفس اتجاه حركته. وقد تظهر في الجليد كذلك شقوق عرضية تنفطح في بعض

المواضع مع الشقوق الطولية ، وتتكون هذه الشقوق المرضية في الغالب نتيجة لهبوط مسوب قاع الوادى الذي يتحرك عليه الجليد بشكل مفاجئ ، وإذا كان الهبوط كبيراً فإنه يؤدي إلى تكوين ما يعرف بالسقط الجليدى Ice - Fall . وعنده تكون الشقوق الطولية والمرضية غائرة وكبيرة .

مظاهر التعرية الجليدية :

إن العمليات التى تتضمنها التعرية الجليدية هي نفس العمليات التى تتضمنها التعرية المائية أو الهوائية من حيث أنها تشتمل على عمليات تحت أو برز وعمليات نقل وعمليات إرساب . ولذلك فنحن عندما ندرس المظاهر الجيومورفولوجية التى تسببها هذه التعرية فإننا نقسم إلى قسمين هما : المظاهر التى تسببها عمليات النحت ، والمظاهر التى تسببها عمليات الإرساب .

أولاً - مظاهر النحت : أم هذه المظاهر هي :

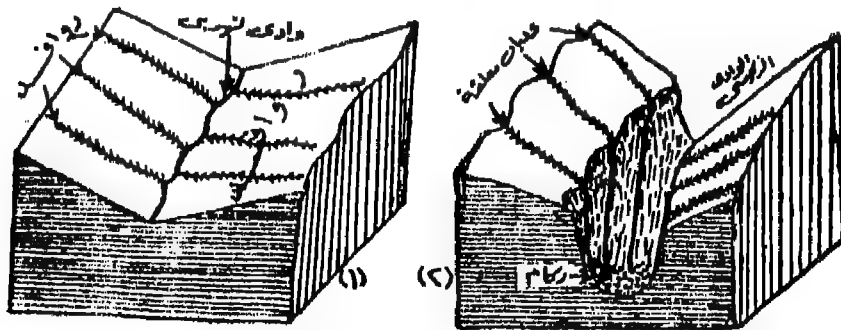
- (١) الوديان الجليدية . (٢) الفيوردات . (٣) الوديان المعلقة .
- (٤) الحلقات الجليدية . (٥) الصخور المنحنية .

(١) الوديان الجليدية Glacial Valleys : وهي الوديان التى تتعذر فيها الأنهار الجليدية على جوانب الجبال ، وهي في الأصل عبارة عن رديان نهرية حادة إلا أن زحف الجليد فيها قد أدى إلى تعيقها وتشكيلها بطريقة تتفق مع طبيعة النحت الجليدى . ومن الثابت أن الجليد له قدرة فائقة على النحت الرأسى ، وهي قدرة تفوق قدرته على النحت الجانبي ، ويرجع ذلك إلى ثقل الجليد واحتكاكه الشديد بالسطح الذى يتحرك فوقه ، وخصوصاً إذا كان محملاً بقطع صخرية صلبة . ولا يتقيد الجليد في تحركه بالمنحنيات الوادى النهرى الذى يتكون فيه بل إنه يعمل غالباً على قطع وإزالة الألسنة الصخرية التى تعترضه والتى تتكون منها الجوانب المحدبة للمنحنيات النهرية ،

ولكل هذه الأسباب فإن الوديان الجليدية تتميز عن الوديان النهرية العادية بأنها تكون أكثر منها استقامة ، وأكثر عمقا ، وتكون جدرانها أشد انحدارا بحيث يأخذ قطاعها العرضي شكل حرف U ، كما أنها تكون أقصر بكثير من الوديان العادية ، حيث أن النهر الجليدي ينتهي عادة في سرد وجوهله إلى الأراضي السهلية المحيطة بالجبال .

(٧) الفيوردات *Fjords* : وهي عبارة عن وديان شطرنجها الأنهار الجليدية في جوانب الجبال ثم غمرتها مياه البحر فأصبحت تبدو بشكل خلجان ضيقة معمقة في اليابس . ويستوى في ذلك إن كانت مياه البحر قد غمرتها بسبب هبوط منسوب سطح الأرض أو بسبب ارتفاع منسوب سطح البحر أو بسببها معا . وتشتهر السواحل الصخرية في الأقاليم الباردة مثل سواحل النرويج بكثرة هذه الفيوردات .

(٣) الوديان المعلقة *Hanging Valleys* : وهي عبارة عن روافد مملوءة منسوب قاعها بشكل واضح عن منسوب قاع الوديان الرئيسية التي تصب فيها ويكون الانتقال بينها فجائيا بحيث يؤدي إلى تكوين مساقط مائية في حالة



شكل (١١٤) تكون الوديان المعلقة بعد أن قام الجليد بتعميق الوادي الرئيسي .

وجود مياه جارية في هذه الروافد وتشكون هذه الوديان في مناطق التلالجات إذا استطاع الدير الجليدي الرئيسي أن يعمق واديه أسرع من تصديق الروافد لوديانها . وتوجد أمثلة كثيرة لهذه الوديان في مناطق التلالجات القديمة التي كانت تغطي مناطق واسعة في وسط أوروبا وشمالها وخصوصا في جبال الألب .

٥) الحلقات الجليدية (السيرك Cirque): وهي عبارة عن حفر دائرية يحفرها الجليد في أعالي الوديان الجليدية ، ويزداد اتساعها بمرور الزمن نتيجة للنحت الجليدي . وتكون الحافة غالباً في الموضع الذي يلتقي فيه نهر جليدي برافدين أو أكثر من روافده . وتتميز الحلقات الجليدية عموماً بأن جوانبها تكون شديدة الانحدار أو قائمة ، وبأنها تنتهي من جانبها الأسفل بعتبة صخرية تفصلها عن الوادي الرئيسي . وعندما ينحسر الجليد فإن الحلقات تتحول إلى بحيرات جبلية دائرية الشكل ، وتوجد بحيرات كثيرة من هذا النوع في جبال الألب وجبال اسكنديناوة وغيرها من الجبال التي كانت كثيرة التلالجات في العصور الجليدية .

وتتميز مناطق الحلقات الجليدية كذلك بوجود كثير من القمم الصخرية المديبة ، ويرجع ذلك إلى تآكل المرتفعات التي تفصل الحلقات المتجاورة بعضها عن بعض بواسطة عوامل التعرية حيث تآكل أجزاءها اللينة أولاً وتبقى أجزاءها الصلبة بارزة بشكل لم حادة إلى أن تزيلها التعرية بمرور الوقت .

٦) الصخور الغنية Roches Moutonnees : وهي صخور تبرز على سطح الأرض فوق قاع الوديان الجليدية ، حيث أدى الجليد الزاحف فوقها إلى صقل سطوحها حتى أصبحت تبدو ملساء إلا من بعض الخدوش الطولية التي يسببها اختلاط الجليد الزاحف ببعض القطع الصخرية الصلبة وتوجد هذه الخدوش

بصفة خاصة إلى الجوانب العليا لهذه الصخور نتيجة تأثير الجليد الزاحف عليها من أعلى الرادى . وتكون هذه الجوانب أقل انحدارا من الجوانب السفلى التي تكون عادة أكثر تعقيدا وغير ملساء إذا ما قورنت بالجوانب العليا . وتوجد هذه الصخور في بعض المناطق التي زحف عليها الجليد خلال العصور الجليدية في مجموعات تبدو من بعيد وكأنها ظهور الأغنام الرابضة ، وهذا هو الذي أوحى للفرنسيين بأن يطلقوا عليها اسم « الصخور الغنمية » .

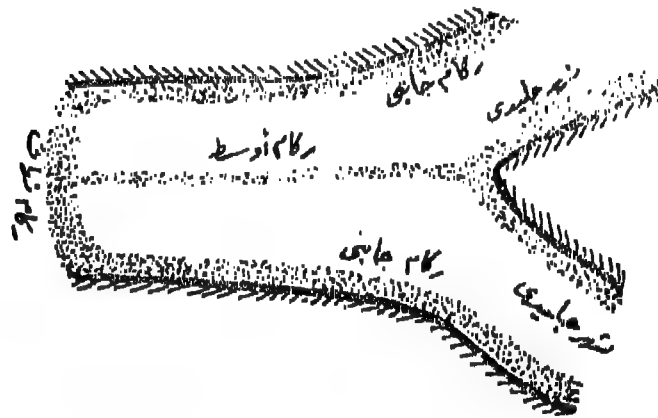
ثانيا - مظاهر الرواسب :

تتميز الرواسب الجليدية عن الرواسب المائية بأنها تكون غالباً غير متجانسة ، وبأنها لا تكون مرتبة في طبقات واضحة لأن الجليد يستطيع أن يحمل أى أجسام صلبة تختلط به مهما كانت أحجامها كبيرة . وتظل هذه الأجسام مختلطة به مادام صلباً فإذا ما أخذ في الانصهار فإنه يلقى بحمولته دفعة واحدة تقريباً ، فتختلط الأتربة والرمال وقطع الصخور المتباينة الأحجام بعضها ببعض وتتراكم بشكل أكوام تختلج في أحجامها وأنكالها على حسب كميات الرواسب وطبيعة الأماكن التي تتراكم فيها ، وأهم أنواعها هي :

- (١) الركامات الجليدية (Moraines ، ٢) الكهكثبان الجليدية Drumlins ،
- (٣) الصخور الشاردة (Erratics ، ٤) الرواسب الجليدية الفيضية Glacial-outwash .

(١) الركامات الجليدية : وهي عبارة عن نطاقات من الرواسب التي تلي بها الأنهار الجليدية حينما تسمح الظروف بالقائها ، فبعضها يتسب على جوانب النهر وبعضها يتسب في وسطه وبعضها الآخر في نهايته . وعلى هذا الأساس فإنها تنقسم إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي الركامات الجانبية Lateral Moraines ، والركامات الوسطى Medial Moraines . والركامات النهائية . Terminal Moraines

وتتكون الركامات الجليدية على جانبي وادي النهر الجليدي من المواد الصخرية التي يجتمعها الجليد من الجانبين أو التي تنفقت بفعل التجوية ، ولا يشترط أن يكون الركام الجليدي متصلا بل إنه قد يختلف في بعض المواضع بينما يكون متميكا في بعضها الآخر ، أما الركامات الوسطى فتتكون نتيجة لالتقاء رافدين جليديين واتحادهما في نهر جليدي واحد ، فالذي يحدث في هذه الحالة هو أن يتحد الركامان الجليديان المتجاوران ويكون منهما ركام واحد وسط النهر ، أما الركامات النهائية فتتكون عند نهاية النهر حيث يؤدي انهيار الجليد إلى إلقاء الرواسب التي يحملها بشكل نطاق يمتد بعرض الوادي .



شكل (١١٠) الركامات الجليدية

٢ - الكثبان الجليدية : وهي عبارة عن تلال بيضاوية يشبه الواحد منها شكل نصف البيضاية ، ولكنها تتباين كثيرا في أحجامها حيث تتراوح ارتفاعاتها بين بضعة أمتار ومائة متر وتتراوح أطوالها بين بضعة أمتار و ١٥٠ مترا . وهي مكونة عموما من الصلصال الجليدي والرمال والحصى ، وهي في الغالب عبارة عن أجزاء متخلقة من الركامات الجليدية ثم عاد الجليد فزحف على سطحها فأعطاهما شكلا بيضاويا ينتج بدوره في نفس اتجاه زحف الجليد ،

وكثيرا ما توجد هذه الكائنات في مجموعات يطلق عليها اسم « حقل الدرايميتز »
ويطلق البعض على المظهر الطوبوغرافي الذي يتكون منها اسم « طوبوغرافية
سلسلة البيض » .

٣ - الصخور الشاردة Erratics وهي عبارة عن كتل صخرية كبيرة
الحجم نقلها الجليد من مناطقها الأصلية وألقى بها في مناطق بعيدة مكونة من
صخور مختلفة عنها بحيث تبدو الصخور المنقولة غريبة في وسطها . ويتخذ
وجود هذه الصخور عادة دليلا على وصول الجليد في زحفه إلى أماكن
وجودها ، حيث أن كبر أحجامها يجعل من غير المحتمل أن يكون العامل
الذي نقلها هو المياه الجارية أو الرياح .



شكل (١١٦) كتل صخرية شاردة

٤ - الرواسب الجليدية الفيضية : وهي الرواسب الجليدية التي اشتركت
المياه في نقلها وترسيبها ومنها الرواسب الجليدية التي تراكمت عند نهايات الأنهار

الجليدية ، إلا أن المياه الناتجة من انصهار الجليد قد حملها إلى السهول القريبة ووزعها على سطحها . وهي مكونة من رواسب «صوية وريالية وصلصالية» . ونظراً لأن المياه هي التي قامت بتوزيعها فإنها تكون مرتبة في نطاقات يكون أقربها إلى منطقة الجليد مكوناً من الحصى ثم يليه النطاق الرملى ثم النطاق الصلصالى ، وتعرف هذه الرواسب باسم «الاسكرز Eskers» وهي تعتبر نوعاً من الرواسب الجليدية الفيضية ، وهي عبارة عن تلال طويلة تمتد لمسافات كبيرة وتكون لها حافات محددة . وهي تشبه الركامات في امتدادها ولكنها تختلف عنها في أن رواسبها مرتبة بطريقة مشابهة لترتيب الرواسب الفيضية العادية ، أى في طبقات واضحة ، وذلك لأنها أرسبت في مياه بعض الأنهار التي كانت تجري تحت الجليد . وهي تتكون بصفة خاصة من الرمل والحصى المائل للاستدارة .

وهناك نوع آخر من هذه الرواسب يعرف باسم رواسب «الكيم Kame» وهي عبارة عن تلال من الحصى والرمل . وقد تكونت من الرواسب الجليدية التي حملها مياه بعض الأنهار التي كانت تجري تحت الجليد ثم أعادت ترسيبها . وهي تتميز عن الاسكرز بأنها توجد بشكل أكوام متفرقة وبأن ترتيب رواسبها ليس واضحاً .

الفصل الثاني عشر

عمليات الانهيار والانزلاق على المنحدرات

Landslides and Landslips

أشكال المنحدرات :

تأخذ منحدرات وجروف المناطق الجبلية اشكالا متباينة على حسب العوامل التي ساهمت في تشكيلها وأهمها العوامل المتعلقة بالتركيب الصخري ، وعمليات التجوية ، وعوامل التعرية المختلفة وخصوصا التعرية المائية والتعرية الجليدية والبحرية وكثيرا ما تتدخل حركات الارتفاع والهبوط في القشرة في تشكيل المنحدرات والجروف نظرا لما يترتب عليهما من تزايد أو تناقص في نشاط عمليات النحت وعمليات الارساب .

وليس من السهل حصر كل اشكال المنحدرات والجروف والحافات أو حصر أنواعها ، ولهذا فسنكتفى بالاهارة هنا الى اشكالها الرئيسية الأكثر شيوعا في المناطق الجبلية كما يلي :

- ١ - حافات الكوستات ومنحدراتها (١) .
- ٢ - الحافات القائمة .
- ٣ - المنحدرات والجروف المنتظمة .

حافات الكوستات ومنحدراتها :

يوجد هذا النوع من الحافات في المناطق الجبلية المكونة من طبقات رسوبية متباينة الميلات ومائلة ميلا خفيفا في احد الاتجاهات ، وأهمها مناطق السخور الجيرية . ففي هذه المناطق تتآكل الطبقات اللينة بسرعة بفعل التجوية والتعرية المائية بينما تبقى

(١) راجع - سهول الكوستات - في الفصل القادم .

مقدمات الطبقات الرملية بارزة فوقها حتى تضعف وتفقد توازنها فتسهار . وكثيراً ما تبعد ومقدمات الطبقات السطحية الرملية في أعلى هذه الحافات بشكل مرفات صخرية وتبعد وهذه الحافات غالباً بشكل جروف عديدة الانحدار وتكثر عليها الانهيارات والانزلاقات الصخرية ، وقد تتراكم على سطوحها كميات كبيرة من المواد الصخرية الناتجة من هذه الانهيارات فتحبس هذه السفوح من عمليات التجوية والنحت المائي ، وفي هذه الحالة تأخذ الأجزاء العليا من الحافة في التراجع بينما يبقى سفحها نفس مكانه وترتب على ذلك تناقص درجة انحدارها وتزايد كميات المواد الصخرية المتراكمة على سفحها وعلى جانبيها حتى تصل إلى قرب قممها . وغالباً ما تستقر على الحافة نفسها كتل صخرية ضخمة ناتجة من انهيار مقدمات الطبقات الرملية .

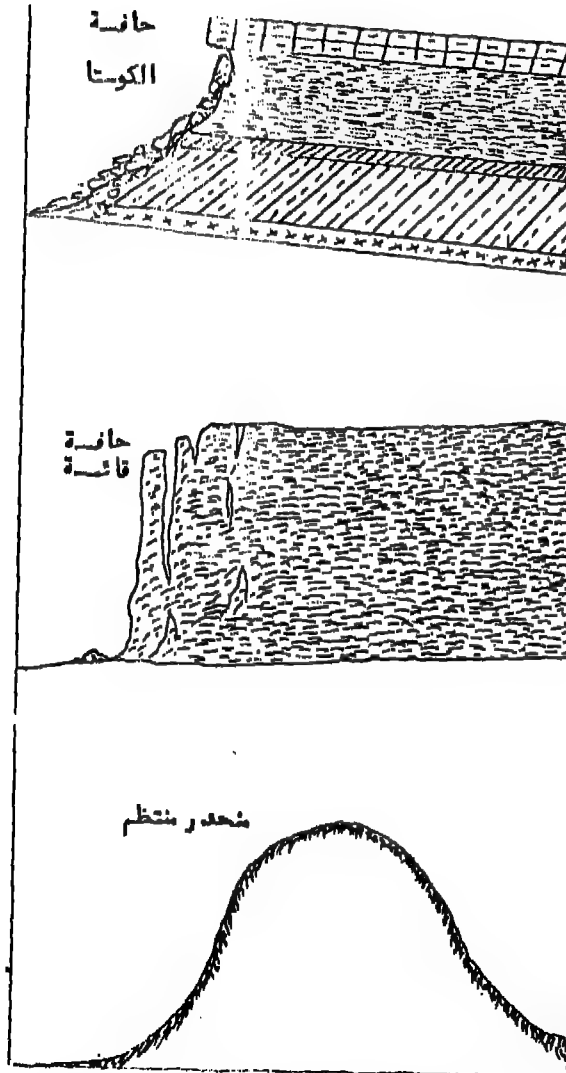
ب - الحافات القائمة : (Upright)

تأخذ هذه الحافات شكل جدران رأسية . وهي توجد على جوانب الهضاب العالية والمدية ، وجوانب الفيوردات وعلى جوانب الهضاب المكونة من طبقات سمكية من الصخور الجيرية المتجانسة ، حيث تؤدي عمليات التجوية وخاصة التجوية الكيميائية إلى تقطيع الصخور بواسطة شقوق ومفاصل متقاطعة وتعمادة فتحولها إلى كتل قائمة متراصة لا تلبث أن تسهار نتيجة لاستمرار التجوية والتعرية المائية أو الجليدية وما يترتب عليها من استمرار توسيع الشقوق والمفاصل وتعميقها . فإذا ما انهيارت هذه الكتل فإن الحافة تظهر بشكل حائط رأسى . وتعتبر حافات دوفر المعروفة على بحر المانش من أشهر هذا النوع من الحافات .

ج - المنحدرات المنتظمة :

تتكون هذه المنحدرات في المناطق الجبلية المكونة من طبقات صخرية متجانسة ومتقاربة في قوة مقاومتها لعمليات التجوية وعمليات التعرية . وتأخذ هذا النوع من المنحدرات غالباً شكلاً محدباً في أعلاه وسفحاً في أسفلها ، أي على امتداد محط التقاء بقاع الوادي أو السهل الجاور له ، إلا إذا كانت قد تراكمت على سفح

٣٤٨



شكل (١١٧) الاعمال الرئيسية للمنحدرات

كميات من المواد الصخرية التي انزلت عليه حيث تتكون من هذه المواد مصطبغة رسوبية ينحدر سطحها تدريجيا نحو طع الوادي أو السهل . وتتكون المواد الصخرية المنحدرة على هذا النوع من الحافات من الحمى وقطع الصخور الصغيرة وقلما تحتوى على كتل صخرية ضخمة من نوع الكتل التي توجد على حافات الكوستات وينحدر راسها .

اشكال الانهيار والانزلاق :

تعتبر عمليات الانهيار والانزلاق الأرضية التي تحدث على منحدرات الجبال من العمليات الشائعة في كل المناطق الجبلية ، وعلى ذات تأثير هام على تشكيل هذه المنحدرات ، وتشكيل السهول والوديان المجاورة لها . وتقوم هذه العمليات بأدوار مشابهة للأدوار التي تقوم بها عمليات التعرية المختلفة ، ولكنها تختلف عنها في أنها لا تنقل المواد الصخرية تدريجيا وإنما تقوم بنقل كميات ضخمة منها من المنحدرات المرتفعة إلى المنحدرات المنخفضة أو إلى السهول والوديان المجاورة دفعة واحدة وبشكل فجائي في كثير من الأحيان .

وتحدث هذه العمليات بأشكال مختلفة ، فمنها ما يحدث بشكل انهيار أو سقوط مفاجيء لجزء من الحافة الجبلية ، ومنها ما يحدث بشكل انزلاق للمواد المفككة التي تتجمع على المنحدرات أو بشكل زحف بطيء لقطاعات كبيرة من التربة . وعلى أساس طبيعة هذه العمليات وطرق حدوثها يمكننا أن نقسمها إلى الأشكال الآتية :

- (١) السقوط (أو الانهيار) الصخري Rockfall أو Rockslide ويقصد به السقوط أو الانهيار الفجائي لجزء من الحافة الجبلية على الأرض المنخفضة المجاورة لها ، (٢) انزلاق الحطام Dubris Slide ويقصد به انزلاق المواد الصخرية المفككة التي تتراكم على سطح الحافة ، (٣) الجريان الطيني Mudflow ويقصد به انزلاق المواد الطينية (٤) زحف التربة Soil-creep .

وبالاحظ أن الحركات الثلاث الأولى تحدث عادة بشكل مفاجئ - أو سريع جدا . وقد تترقب عليها كوارث مروعة ، أما الحركة الأخيرة فبطيئة جدا ولا يظهر أثرها إلا مرور عشرات السنين .

الانهيار الصخري Rockfall or Rockslide

المقصود بهذا الانهيار هو سقوط جزء من حافة الجبل نفسه نتيجة لانفصالها عن بقية الحافة . ويحدث ذلك عادة بسبب كثرة الشقوق والمفاصل التي يزداد اتساعها وامتدادها باستمرار نتيجة للتجوية والتعرية ، وخصوصا التعرية المائية ، وقد يتصل عدد منها بشكل يؤدي إلى فصل جزء من الحافة الجبلية عن جسم الجبل ، فيؤثر هذا الجزء إلى أسفل وكثيرا ما تساعد الهزات الأرضية على سرعة انفصال بعض أجزاء الحافة بعد أن تكون الشقوق والمفاصل قد أضعفت اتصالها بها . وقد تؤدي الانهيارات التي من هذا النوع إلى كوارث مروعة إذا مارستها على أماكن مسكونة وإذا حدثت وسقطت الكتلة المنهارة في ماء البحر فإنها تؤدي إلى حدوث موجات عالية تغطي بسببها المياه على كثير من المناطق الساحلية . والانهيارات المروعة التي من هذا النوع ليست نادرة الحدوث ، ومن أمثلتها الانهيار الذي أصاب إحدى قرى مناجم الفحم في ولاية ألبرتا الغربية في أمريكا ، وهي قرية فرانك Frank التي تقع في واد يشرف عليه جبل تيرتل Turtle بحافة شديدة الانحدار ، ففي صبيحة أحد الأيام في سنة ١٩٠٣ ، هوت من حافة الجبل كتل صخرية ضخمة يلاهد حجمها على ٣٠ مليون متر مكعب فوق القرية فدمرت قسما كبيرا منها وقتلت كثيرا من سكانها (١) . وفي أكتوبر سنة ١٩٦٣ ، جدت انهيار مماثل في

(١) Chester R. Longwell and Richard F. Flint, "Introduction to Physical Geology", (John Wiley), 2nd ed. 1962, p. 134.

في شمال إيطاليا في حافة جبل نوك الواقع إلى الشمال من مدينة البندقية ، حيث سقطت كتلة صخرية ضخمة من حافة هذا الجبل على سد مائي كبير هو سد فايرنت الذي كان يحجز خلفه خزاناً سعة ٥٣٠٠ مايقون متر مكعب من الماء . وكان ارتفاع السد نفسه حوالي ٢٦٠ متراً . وقد سقطت الكتلة المنهارة على طرفه الجنوبي فهدمته واندفعت مياه الخزان بقوة ودمرت كل مائي طريقها وأزالت من الوجود قرية فايرنت نفسها ، وقتل في هذه الحادثة أكثر من أربعة آلاف نسمة .

وفي هذا النوع من الانهيارات قد تندفع الكتلة المنهارة في الهواء وتسقط مباشرة على الأرض المنخفضة التي تشرف عليها الحافة ، ويحدث ذلك إذا كانت الحافة قائمة أو كان الجزء المنهار منها بارزاً إلى الأمام . وسواء هوت الكتلة المنهارة في الهواء أو انحدرت على جانب الجبل فانها تنقسم غالباً عند سقوطها فتندفع أجزاء منها كالقنابل إلى مسافات كبيرة مما يؤدي إلى زيادة الخسائر الناجمة عنها . وفي حالة انحدارها على جانب الجبل فإنها تندفع إلى أسفل في قفرات قوية وسريعة يسبب عدم استواء السطح الذي تنحدر عليه . أما في حالة سقوطها في الهواء فإن أجزائها قد تندفع في خطوط مستقيمة بعيداً عن الحافة فتعمل إلى مسافات بعيدة أو تصطدم بالحافات المقابلة . وقد كان ذلك واضحاً في إحدى حوادث الانهيار التي حدثت في جبال الألب السويسرية سنة ١٨٨١ بالقرب من قرية Rim . حيث انهار القمم العلوي من حافة أحد الجبال فوق منجم للاردواز كان موجوداً في نفس الحافة . وقد ساعد تعمق هذا المنجم في حافة الجبل على إضعاف تماسك الأجزاء التي تعلوه ففوت بقوة إلى الوادي المجاور . وأهم ما لوحظ في هذه الحادثة هو أن الكتلة الصخرية الساقطة اندفعت في الهواء في خطوط مستقيمة ولم تتوقف

إلا عند اصطدامها بالجانب الآخر للوادي وقد أصبح هذا النوع من الانهيار
يشتهر باسم «انهيار إل إم الصخري Elam Rockfall» (١).

وقد يحدث الانهيار الصخري كذلك بشكل انزلاق سريع لحجر كبير
من الطبقة الصخرية السطحية لجانب الجبل ، ويحدث ذلك إذا كانت هذه
الطبقة مرتكزة على طبقة أخرى مكونة من مواد قابلة للتفكك والامتزاج
بالماء مثل المواد الطينية والصمغية، فعندما تتسرب المياه إلى هذه الطبقة تحولها
إلى مادة طينية لينة ، فتزلق عليها الطبقة التي فوقها . وقد كان هذا
واضحاً في الانزلاق الذي حدث في سنة ١٩٢٥ في جنوب المونتجون بارك
Yellow Stone Park في ولاية وايومنج Wyoming ، حيث انزلقت شريحة
ضخمة من طبقة الصخور الرملية التي تغطي المنحدر المائل على وادي بروس
Gross Ventre نحو هذا الوادي نتيجة لسقوط أمطار غزيرة مادية ،
وتسرب المياه إلى الطبقة الصمغية التي ترتكز عليها طبقة الصخور الرملية
السطحية ، مما أدى إلى تحولها إلى مادة طينية لينة فانزلقت دافعة إلى
بقوة نحو الوادي فسدت وتكونت نتيجة لذلك بحيرة كبيرة في مجراه .

انزلاق الحطام : Debris Slide

المقصود بهذا الانزلاق هو الانحدار السريع للمواد الصخرية المتراكمة
على المنحدرات نحو السهول أو الوديان المجاورة . وأهم العوامل التي تسبب
هذا الانزلاق هي سقوط الأمطار بغزارة شديدة يترتب عنها تشبع هذه
المواد بالماء مما يسهل انزلاقها إلى أسفل حيث تتراكم عند السفح . فإذا حدث
وانزلقت إلى أحد الوديان فإنها تسده ، وقد تؤدي إلى تكوين بحيرة في مجراه .

(١) نفس المرجع P. 125 .

ويستخدم في وصف المواد الصخرية المتراكمة على جوانب المنحدرات تعبيران هما Talus و Regolith ، والمقصود بالتعبير الأول هو المواد المفككة المتراكمة على الصخور بدون نظام ، أما المقصود بالتعبير الثاني فهو المواد التي تتراكم في أكوام كبيرة مقوسة إلى الخارج . ويحدث هذا نتيجة لتوقف زحف المواد الصخرية في أحد المواضع واستمرار تراكم المواد المنحدرة من أعلى فوقها . إلا أن الاكوام التي تتكون بهذا الشكل تكون دائما عرضة للانزلاق والانزلاق إلى أسفل . ويمكن لانتهيارها سقوط أى جسم ثقيل فوقها أو حدوث أى هزة أرضية أو سقوط الأمطار بغزارة عليها .

الجريان الطيني Mud flow :

المقصود بهذا الجريان هو الانحدار السريع للمواد الصخرية المختلطة بالطين نتيجة لزيادة المياه التي تسقط عليها بدرجة تفوق ما يلزم لتثبيتها . فينتج عن ذلك تحولها إلى خليط طيني صخري سريع الحركة . وكلما زادت المياه المختلطة بهذه المواد زادت سرعة جريانها . وكثيرا ما يبدأ الجريان الطيني في أعلى الجبل بشكل نهر مائي مادي عند سقوط الأمطار بغزارة ، ولكنه سرعان ما يتحول إلى نهر طيني بسبب اختلاط المياه عند انحدارها السريع بالمواد الطينية والصخرية التي تصادفها ، وكلما انحدرت المياه دفعت أمامها مزيدا من المواد الصخرية والطينية حتى يتكون منها في مقدمة النهر ما يشبه السد الرسوبي الثقيل الذي يتحرك ببطء . وينتج من ذلك تجمع المياه الطينية على جانبيه الأعلى حتى إذا ما وصل إلى الأرض المنخفضة فإنه ينهار بسرعة فتغطي المياه الطينية بما تحمله من صخور على المناطق المجاورة مسببة خسائر جسيمة في كثير من الأحيان .

ويظهر مثل هذا الجريان غالبا في الأقاليم شبه الجافة، حيث يكون الغطاء

النبات الذي يحمى التربة فقيرا ، فاذا ما سقطت الأمطار بغزارة وبشكل مفاجيء فإنها تؤدي إلى ظهور أنهار مؤقتة تجرف أمامها المواد الصخرية والمواد الطينية التي تكونت بسبب عمليات التجوية خلال فترات الجفاف الطويلة ، فاذا ما انتهت هذه المواد إلى واد رئيسي فإنها تبقى على قاعه حتى تجف بسبب تبخر مياهها وكسرها ، فتتكون منها كتلة صلبة متماسكة لا يسهل تحريكها بعد ذلك .

زحف التربة Soil creep :

المقصود بزحف التربة هو انزلاقها ببطء شديد على جوانب المنحدرات . وهي ظاهرة موجودة على كل المنحدرات مهما كان انحدارها بسيطاً إذ أن قوة الجاذبية تعمل باستمرار على زحف التربة إلى أسفل . وكثيراً ما يكرن هذا الزحف غير محسوس ، ومع ذلك فمن الممكن الاستدلال عليه بواسطة الانحناء الذي يطرأ على أعمدة التليفون أو الأشجار أو الأسوار حيث يبدو أغلبها مائلان نحو المنحدرات السفلى . وتؤثر حماية الزحف بعوامل كثيرة مثل درجة الانحدار وطبيعة السطح وتركيب التربة ونسبتها ونسبتها وكثافة الحياة النباتية التي تغطيها وكثرة المياه التي تختلط بها وما ينتشر عليها من مظاهر النشاط البشري والعمرائ وما يعيش فوقها من حيوانات مستأنسة أو غير مستأنسة بما في ذلك الحشرات والحيوانات المفترسة وغيرها .

وتشتهر المناطق الباردة والقطبية بنوع خاص من زحف التربة يعرف باسم « زحف التربة الجليدي Solifluction » ففي كثير من هذه المناطق تكثر الأرض التي تتركز عليها التربة السطحية معجمدة باستمرار Permafrost حتى عمق يزيد أحيانا على ١٥٠ متر ، بينما لا تتجمد التربة السطحية إلا في الشتاء ، فاذا ما بدأ الدفء في فصل الربيع فإن التربة السطحية تنصهر وتتشبع بالماء ،

وتتزايد المياه بها كلما تقدم فصل الصيف، لأن تجمد الطبقات التي تحتها لا يسمح لهاؤها بالتسرب إلى أسفل، ويترتب على ذلك انزلاقها تبعاً لاتجاه الانحدار.

ويظهر في هذه المناطق كذلك شكل آخر من أشكال زحف التربة، وهو يحدث غالباً بسبب تجمد المياه في مسام التربة وفجواتها، لأن تجمد هذه المياه يؤدي إلى زيادة حجمها فيساعد ذلك على تفكك التربة وتسهيل زحفها بمجرد انصهار الثلج الموجود في مسامها وفجواتها وهذه العملية هي في الواقع عملية من عمليات التجوية الآلية.

وقد يحدث في بعض الأحيان أن تمتد المياه المتجمدة في طبقات محصورة بين طبقات التربة الصامالية أو الطينية، فتؤدي تجمدها بهذا الشكل إلى دفع طبقات التربة التي فوقها إلى الخارج قليلاً، فإذا ما انصهرت الطبقات المتجمدة فإن طبقات التربة التي فوقها لا تكون ملتصقة تماماً بالمصدر الذي تحتها فتتساقط إلى أسفل، وقد يحدث انهيارها في بعض الأحيان في اتجاه رأسى (١).

الفصل التاسع عشر

المياه الجوفية

المياه الجوفية كجزء من مياه القشرة الأرضية :

تمثل المياه الجوفية بمعناها المألوف نسبة صغيرة من المياه التي توجد في كل القشرة الأرضية، والتي تشكل في مجموعها حوالي ٤,٢ % من الغلاف المائي الكلي للأرض . وتشكل المياه الجوفية وحدها حوالي ٦,٥ % من هذه النسبة و ٢٧ % فقط من الغلاف المائي كله (١) والمياه الجوفية التي نقصد بها هي المياه التي توجد في تكوينات صخرية تسمح بتحركها واستخراجها بحفر الآبار والحصول عليها بمعد انبثاقها على السطح بشكل عيون أو نافورات .

أما مياه القشرة الأخرى فلمن الممكن الاستفادة منها ، لأن معظمها يدخل في تركيب المعادن والصخور ولا يمكن فصله عنها ، كما يوجد بعضها محبوسا في أحواض معزولة على أعماق شحيحة لا يسهل الوصول إليها ، يطلق عليه جيولوجيا اسم الماء القرون Connate water . وهو ماء حار شديد الملوحة وترجع نشأته إلى الصخور الجيولوجية التي تكونت فيها الصخور التي انحبس بداخلها . ولهذا فإن عمره يقدر بملايين السنين . ونظرا لانعزاله التام فإنه لا يدخل في الدورة المائية العامة ، ولا يتغير حجمه بمرور الزمن .

والمصدر الأساسي للمياه الجوفية هو مياه الأمطار والتلج المنصهرة ، سواء بتسربها في التربة والصخور مباشرة أو بتسربها من الأنهار وغيرها من المسطحات المائية ، مع ملاحظة أن هذا لا ينطبق على الماء الذي يدخل في تركيب المعادن والصخور أو الماء القرون المشار إليه .

نطاقات المياه الجوفية : توجد هذه المياه في نطاقين رئيسيين هما :

١ - نطاق المياه الجوفية السطحية ويطلق عليه اسم نطاق التشبع المتقطع Zone of intermittent saturation وهو يتداخل في أعلاه في نطاق التربة ويتكسرون

(1) Lvovich, ... , "The Worlds Water", Moscow 1973, The English Translation by Stoklitaky.

من النطاقين معا نطاق كبير يعرف باسم " نطاق التهوية " Zone of Aeration وتوجد بعض الاختلافات الجوهرية بين هذين النطاقين ، فبينما يكون نطاق المياه الجوفية السطحية مشبعا في أغلب الحالات بمياه طليقة تتحرك بسهولة نحو العيون والباران مياه نطاق التربة تكون عبارة عن غشائيات رقيقة جدا حول حبيباتها ، ولا يسهل تحريكها خلال المسام بشكل يسمح باستغلالها كمورد مائي . ولكنها يمكن أن ترتفع الى السطح بتأثير الضامة الشعرية حيث تتعرض للتبخير .

٢ - نطاق المياه الجوفية العميقة ، ويطلق عليه اسم نطاق التجميع الدائم Zone of Permanent Saturation وهو النطاق الرئيس للمياه الجوفية التي توجد عادة في طبقات رسوبية نافذة Permeable تنتمي الى محور جيولوجية تتابع في قدمها من أعلى الى أسفل . وتفصل بعضها عن بعض طبقات غير نافذة Impermeable تحول دون تسرب مياهها الى أعلى أو الى أسفل ، ويطلق على المياه الجوفية في هذا النطاق اسم " المياه الجوفية العميقة " . وليس هناك عمق محدد للمستوى الذي توجد عنده هذه المياه لأن هذا العمق يتوقف على سمك الطبقات التي تملأ الطبقة الحاملة للماء وعلى تفرس سطح الأرض ، ولهذا فبينما يصل بعد بعضها عن السطح أكثر من ألف متر فإن بعضها الآخر قد يكون مجاورا للسطح ، بل وقد يظهر فوقه أحيانا بشكل بحيرات ، كما هي الحال في بعض المنخفضات التي يصل قاعها الى الطبقة الحاملة للماء ، ومن بينها كثير من المنخفضات الصحراوية .

المياه الجوفية السطحية :

توجد المياه الجوفية السطحية غالبا في تكوينات صخرية حديثة من أهمها التكوينات الرسوبية التي تراكمت منذ الزمن الجيولوجي الرابع حتى الآن ، ومن أهمها التكوينات الرسوبية لوديان الأنهار ودلتاواتها ، والركامات الجليدية المتوالت بين الرملية ، كما توجد كذلك في شقوق الصخور النارية ومسامها ، وفي كهوف وسراياها الصخرية الجيرية في المناطق الكارستية .

وترتبط هذه المياه ارتباطا مباشرا بالجو عن طريق مسام التكوينات التي فوقه ، ولهذا فانها تتغير من وقت الى آخر على حسب نظام سقوط الامطار حيث تزداد مساميها سم المطر وتنقر من مسام الخفاف ، بل انها قد تنقر أحيانا اذا توقف سقوط المطر لفترات طويلة ، وهي تتعرض كذلك للتبخر عند ارتفاعها إلى السطح عن طريق مسام التكوينات التي فوقها ، كما أن درجة حرارتها تتغير من فصل الى آخر على حسب درجة حرارة الجو .

ويتبين منسوب سطح هذه المياه من موضع الى آخر على حسب تضاريس سطح الأرض ، ولهذا فان أعماق الآبار التي تحضر فيها قد تزيد على مائة متر مسمى المناطق المرتفعة وتقل عن متر أو مترين هبل وقد تنشق على السطح من مواضع أخرى ، واذا كانت التكوينات التي تعلوها دقيقة الحبيبات فانها ترتفع تدريجيا إلى أعلى بتأثير الظلمة الصمغية فتصل إلى السطح أو تتداخل في مياه التربة ، وفي هذه الحالة لا يظهر لها سطح محدد ، ونظرا لعدم وجود طبقات صماء فوق هذه المياه فانها توصف بأنها مياه غير محصورة *the unfixed* تتميز لها عن المياه المحصورة *Confined* التي توصف بأنها مياه محصورة .

المياه الجوفية العميقة :

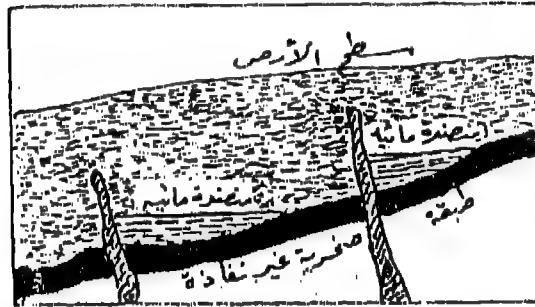
وهي توجد ، كما ذكرنا ، في طبقات غاذية محصورة بين طبقات أخرى غير غاذية ولا تتصل بالجو الا حينما تظهر مكاشفها على السطح ، وهي المكاشف التي تتغذى من خلالها بمياه الأمطار ، ولهذا فانها توصف بالمياه المحصورة " ، وهي لا تدخل في الدورة المائية العامة الا بصورة محدودة ، وخصوصا اذا كانت طبقاتها على عمق كبير من السطح .

وبخلاف المياه السطحية التي قد تتغير من فصل إلى آخر بسبب ارتباطها المباشر بالاحوال الجوية ، فان تأثير هذه الاحوال على المياه العميقة لا يذللها إلا على المدى الطويل اذا توقف سقوط المطر على مناطق تغذيتها لفترات طويلة جدا ، ايا إذا زاد معدل ما يستخرج منها عن معدل تغذيتها بواسطة الامطار التي تسقط على مساحتها من منطقة التغذية .

ونظرا لبطء حركة المياه في مسام الصخور فان رحلتها في الطبقات الطامسة لها من مناطق التغذية الى الاماكن البعيدة عنها تستغرق احيانا بضع مئات أو آلاف من السنين على حسب طول المسافة وسرعة تحرك الماء في الصخر . ولهذا فبان بعض المياه الموجودة في بعض الطبقات قد يرجع تاريخها إلى العصر المطير في أواخر البليستوسين . ويسبب قدم هذه المياه وطول رحلتها في الطبقات الصخرية فإنها تكون عادة أكثر ملوحة من المياه الجوفية السطحية ، أما درجة حرارتها فتكون عادة نابعة سبب عدم تأثرها بحرارة الجو . وهي عادة أنقى وأقل تلوثا من المياه السطحية لأن الأخيرة تتعرض للتلوث عن طريق ما ينقل إليها بواسطة المياه المتسربة من السطح من ملوثات عضوية وكيميائية مثل الملوثات التي تحملها مياه الري من الحقول التي تستخدم فيها الأسمدة العضوية والكيميائية .

منسوب سطح المياه الجوفية (المنزدة المائية) :

يطلق على سطح الطبقات المائية الجوفية في اللغة الانجليزية تعبير *Water Table* أي المنزدة المائية . وتعريفها العلمي هو أنها " هي السطح الذي يحدد منسوب سطح الماء في الآبار التي تمتد ما لها من طبقة مائية معينة . ونشأة هذه المنزدة في المياه الجوفية السطحية (غير المحصورة) عنه في المياه الجوفية العميقة (المحصورة) . فبينما يكون سطح المنزدة وانحدارها متماثلا وتتبعها تقريبا في المياه العميقة ، فان سطحها في المياه الجوفية السطحية يتوقف على نظام سقوط المطر وانحدار الجبل وعلى تضاريس سطح الأرض . فهي ترتفع وتنخفض تبعاً لشدة الامطار وقلتها . كما تكون أكثر ارتفاعا في الاراضي المرتفعة عنها في الاراضي المنخفضة المجاورة لها . ولهذا فانها لا تمتد غالبا بشكل أفقي . كما انها لا تكون احيانا بالأسطح تماما . وهي ما يحدث غالبا في المناطق المكونة من رواسب ناعمة لأن المياه تصل للارتفاع تدريجيا من هذه الرواسب بتأثير الخاصية الشعرية فلا يكون لها نفس هذه الطاقة سطح محدد واضح ، بل انها تتداخل تدريجيا في مياه التربة وفي بعض أنماط الصخور لا تظهر للمياه الجوفية السطحية منفردة مائية واضحة متصلة . بل تظهر طودا منحدرا محلية على مناسيب مختلفة على حسب مناسيب المواضع التي تتجمع فيها المياه ،



شكل (١١٨) مناسخ مائية مخفية:
(أ) فوق قاعدة منطقة من الصخور النارية والمتحولة.
(ب) بسبب وجود سدود نارية.



شكل (١١٩) ماء مرفوع (جائش)

كما هي الحال في مناطق الصخور النارية والمتحولة التي تتجمع فيها المياه في فراغات وأحواض متفرقة ، وكذلك في مناطق التكوينات الجيرية الكارستية التي توجد فيها هياكل الجوفية في كهوف وسرايب بعضها متصل وبعضها الآخر غير متصل ، وكذلك في مناطق الصخور الرسوبية التي تخترقها سدود رأسية (شكل ١١٨) .

وقد يحدث في بعض التراكيب الجيولوجية أن تتكون طبقات مائية محدودة المساحة في مستويات أعلى من مستوى منفذة الطبقة المائية الرئيسية التي تكون عادة غير محصورة ، ويطلق على هذه المياه تعبير المياه المرفوعة أو الجائفة "Perched" وهي توجد عادة في المناطق التي تتخللها عتبات صخرية غير نافذة ومستدة في اتجاه افقي . ففي هذه المناطق تتجمع بعض المياه المشربة من أعلى فوق هذه العتبات فتتكون منها خزانات صغيرة من المياه الجوفية ، وترتب على هذا أن بعض الآبار تصل إلى هذه الخزانات فتعطى تصريفاً مائياً يتناسب مع حجم الخزان ، بينما تكون الآبار الأخرى الواقعة خارجها عديمة المياه (شكل ١١٩) .

العلاقة بين التركيب الصخري وتكوين الخزانات المائية الجوفية :

ليست العبارة في المياه الجوفية بوجود الماء في التكوين الصخري وإنما العبارة بإمكانية تحريك هذا الماء في الفراغات الصخرية وصوله إلى الميون والآبار ، وتباين الصخور في هذه الناحية تبايناً كبيراً ، ولهذا فإن دراسة الفراغات الصخرية *drainages* تعتبر موضوع رئيسي في تقدير القيمة الحقيقية للمياه المخزونة في التكوينات المختلفة .

يطلق تعبير الخزان المائي الجوفي ، أو التركيب الحامل للماء *Aquifer* على التركيب الصخري النفاذ الذي تسمح فراغاته بتخزين الماء وتحركه ، والمقصود بالفراغات هو كل الفتحات التي توجد في الصخر مهما تباينت أحجامها وأشكالها أو عمال نشأتها ، فمنها ما تكون أشبه بالحجرات أو الكهوف أو السرايب الكبيرة ، كما هي الحال في الصخور الجيرية الكارستية ، ومنها ما تكون شقوقاً وفوالق غائرة ، كما هي الحال في الصخور النارية والمتحولة ، أو تكون عبارة عن مسام تتراوح في أحجامها بين المسام الكبيرة للصخور الرملية والحصى والمسام المتناهية الدقة للواد الطينية والصلصالية

ويتوقف حجم الماء في الصخور على نوع الصخور وتركيبها .
 والمقصود بالنسيج Texture هو حجم الحبات التي يتكون منها الصخر .
 أما تركيبه Structure فيفسد به الطريقة التي تتشكل بها الحبات مع بعضها
 في وحدات أكبر . وتتأثر درجة نفاذية الصخر بدرجة تناسق نسيجه وثقائه . فالصخر
 المكون من رمل نقي متناسق يكون مادة أفدر على حمل الماء من نظيره الذي يختلف حباته
 ببعض الرواسب الصلصالية ، لأن هذه الرواسب تدخل في مسامه وتحتل أجزاء كسبان
 من الممكن أن يحتلها الماء . ولهذا فإن دراسة نسيج الصخر وتركيبه الميكانيكي
 المبني على أساس النسب المئوية لأحجام الحبات التي يتكون منها ترتبط ارتباطاً طاماً
 وثيقاً بدراسة فراغاته . وتحليل التركيب الميكانيكي لعدة آلاف من عينات التربة فسي
 الولايات المتحدة قيمت المواد الصخرية على أساس قطر حباتها بالمليمترات ، إلى سى
 الأنواع التالية (١) :

النسب	قطر الحبات بالمليمترات
حصى صغير	١ - ١
رمل خشن	١ - ٠,٥
رمل متوسط	٠,٥ - ٠,٢٥
رمل ناعم	٠,٢٥ - ٠,١
رمل شديد النعومة	٠,١ - ٠,٠٥
طمي	٠,٠٥ - ٠,٠٠٥
صلصال	أقل من ٠,٠٠٥

وعلى الرغم من أن فراغات الصخور ترتبط طاماً بنسيجها وتركيبها ، فإن هذه
 الفراغات تتباين في أنواعها وأشكالها تبايناً كبيراً ، وهي تنقسم عموماً على أساس
 نشأتها إلى نوعين كبيرين هما : أ - فراغات أصلية في الصخر ، وهي التي تتكون

(١) Dixey, F., "A Practical Handbook of Water Supply",
 and Co., London, 1950.

بمعناها: نشأته الأولى ، وأهمها السام التي توجد بين حبات الصخور الرسوبية ،
بـ مراعات تالية أو ثانوية Simon (١) وهي التي تتكون في مراحل تالية
نتيجة لمعامل جيولوجية أو مناخية أو حيوية مثل الشقوق والفوالق والكهوف والمراديسب
التي تنشع عن الديان أو التبريد أو التمدد والفراغات التي تحدثها الحيوانات
المفارة وجذور النباتات .

ويوجد الصخور أنه غاد Porosity إذا كان قادرا على تخزين
الماء بالسماح له بالحركة ، وبغير تقاد Porosity إذا لم يكن يسمح
بحركة الماء خلال مسامه . وهذا يجب أن نأخذ بين مسامية الصخور Porosity
ونفاذيتها ، فالسامية هي السعة الكلية لمجموع الفراغات التي بداخله ، وهي تحدد
على أساس النسبة المئوية لمجموع ما تشغله هذه الفراغات من جسم الصخر (١) .

ولم يعم القدر بينها وبين النفاذية نذكر على سبيل المثال أن الصخور
الداخية توصف ظاهريا بعدم النفاذية بينما توصف الصخور الرملية بالنفاذية مع العكس
بأن مسامية الأولى أكبر بكثير من مسامية الثانية . وتعليل هذا هو أنه على الرغم من
أن نسبة المسامية هي التي تحدد كمية الماء التي يمكن أن يحملها الصخر حتى يتشبع
بالماء ، فإن هذا لا يحمي أن كل الماء الموجود في مسامه يمكنه أن يتحرك بسهولة تسمح
باستخدامه أو مساهمته في الدورة المائية ، لأن هذا التحرك لا يحدث إلا إذا كانت
المسام كبيرة بدرجة تسمح بترك بعض الماء غير ملتصق الصفاقا شديدا جدا بجدران
المسام ، كما هو الحال في التكوينات الصلصالية التي يكون كل ما بها من ماء ملتصقا
بالجدران ، لا يمكن أن يتحرك إلا إذا تمكنت أن يتحرك تحت الضغط العادي ، وإن كان
من الممكن أن يتحرك إذا تمزق الصخر لضغط أشد (٢) .

وتتراوح المسامية في المواد الصخرية بين ٨٠ و ٩٠ في المواد الصلصالية
التي لا يتعدى ١ في الصخور النارية والمتحولة . وقد تنخفض إلى الصفر
في الصخور الرملية الموجودة تحت القشرة أو في أجزائها العميقة حيث تنعش هذه

(1) Lvovich, 1960, cit.

(2) Ward, R.C., "Principles of hydrology", London, 1971,
pp. 238-302.

المخزون المضغوط والحرارة المتديدين مدرجه لاتسمح ببقاء اى فراغات بها .

حركة المياه الجوفية :

تتدرج المخزون من مقدرتها على السماح للماء بالحركة من مخزون شديد مسددة النفاذية تسمح فراغاتها بتكوين خزانات مائية تتحرك فيها المياه بسهولة مثل المخزون الرملية ويطلق عليها تعبير Aquifer إلى مخزون شبه نفاذية يمكنها أن تخزن الماء ولكنها لاتسمح بحركته الا بصعوبة شديدة مثل المخزون الطينية ويطلق عليها تعبير Aquicludes . وأخيرا الى صخور عديمة النفاذية لا يمكنها أن تخزن الماء أو تسمح بحركته مثل المخزون النارية والمتحولة . ويطلق عليها تعبير Aquifuge . وهذا بغض النظر عن الفواصل والشقوق التي توجد في هذه الصخور والتي يمكن أن تحتل بكميات من الماء تكفى للاستغلال ، فهذه الفواصل والشقوق تدخل ضمن الخزانات المائية Aquifer .

وتتباين سرعة حركة المياه الجوفية في مسام الصخور على حسب درجة نفاذيتها ، واتصال مسامها وفراغاتها بعضها ببعض ، ودرجة ميل الطبقة الحاوية لها . فكلما كان مسام الصخور دقيقا قلت سرعة حركة الماء خلاله حتى أنها قد لاتزيد عن جزء صغير من المليمتر في اليوم . وعلى العكس من ذلك فأنها قد تصل في بعض الصخور ذات الفراغات الكبيرة والمتصلة بعضها مثل فراغات الصخور الطباشيرية الى عدة آلاف من الأمتار في اليوم ، الا أن السرعة قد تتغير كثيرا من مكان الى آخر تبعاً لتغير التركيب المسخري ، وكمية المياه المتحركة .

وكما هي الحال بالنسبة للمياه السطحية فان المياه الجوفية تميل الى اتباع خطوط الضعف في التركيب الصخري حيث تقل المقاومة ، ولهذا فان حركتها تتجه عادة إلى الفراغات الكبيرة المتصلة بعضها .

ومن المهم جدا تحديد اتجاه حركة المياه الجوفية وقياس سرعتها حتى يمكن تحديد مناطق تغذيتها وتحديد الكميات التي يمكن أن تتغذى بها الطبقة الحاوية لها ، وتحديد المدة اللازمة لوصولها إلى مناطق استخراجها ، وتحديد الكميات

التي يمكن استخراجها دون أن ينخفض منسوب الدابقة المائية أكثر مما يجب أو تتأخر
ساعة ما شها فتزداد ما وجدتها . وهذا يتطلب دراسات دقيقة ومعدلة للظروف المناخية
ومظاهر السطح ونظام التربة والمائي السطحي والتربة الجيولوجي والغطاء
النبات في مناطق التحدية .

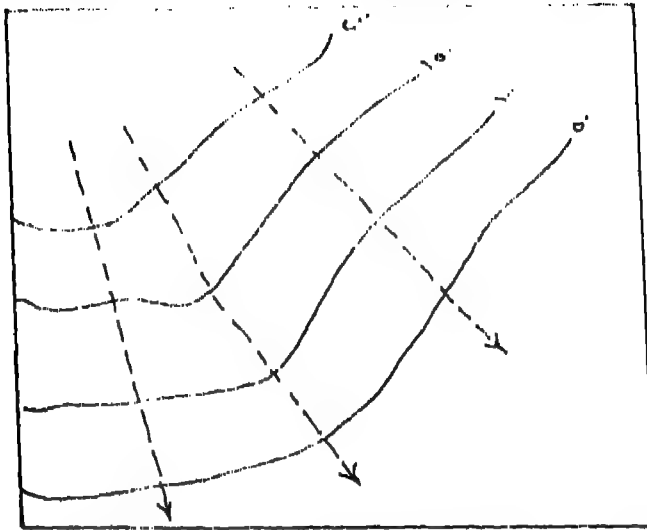
وكثيرا ما تكون حركة المياه من التكوينات الحامية لها طبيعة بدرجة يصعب
رعاها تحديد اتجاهها بالدراسة مما يتطلب دراسات وملاحظات دقيقة خلال فترة طويلة .
وعلى العكس من ذلك قد تندفع المياه الجوفية في بعض التكوينات بقوة لا تقل عن قوة
تدفق المياه السطحية الهادرة ، حتى أنها كثيرا ما تندفع بشكل مائلات تحت الأرض ،
أو على جوانب الجبال في نهاية المطاري السفلية . وتكثر هذه الظاهرة بصورة خاصة
في المناطق الجبلية العالية ، وهي كل الحالات فإن المياه الجوفية تخرج فـسـى
حركتها القوة الجاذبية ، شأنها في ذلك شأن المياه السطحية ، أي أنها تميل
دائما للانحدار في نفس اتجاه انحدار الطبقات الحاملة لها ، وهو نفس اتجاه
انحدار المنحدر المائية (١) .

ومن الممكن توضيح اتجاه انحدار المنحدر المائية بالخطوط الكنتورية ، وعلى
الرغم من أن المياه تنحدر عموما مع انحدار هذه المنحدر فإن الحركة العامة للمياه
العميقة تكون غالبا أفقية أو قريبة من الأفقية . وفي حالة المياه الجوفية غير المحصورة
في الطبقات الحاملة ، يكون اتجاه حركتها متقاطعا مع الخطوط الكنتورية بزوايا قائمة
تقريبا (مكل ١٢٠) .

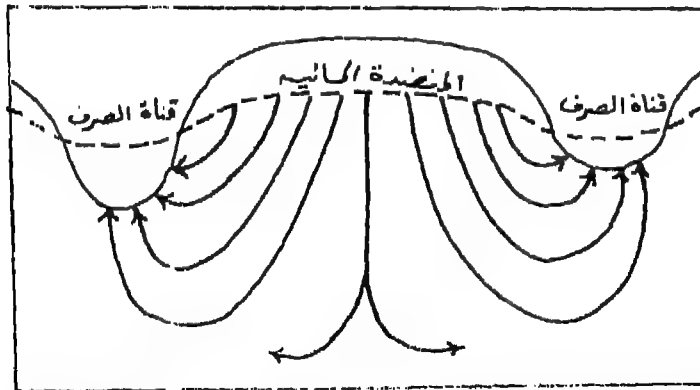
وبالإضافة إلى الحركة الأفقية العامة للمياه فقد تظهر بها كذلك بعض
الدركات الرأسية في ظروف خاصة ، مثل انحدارها تحت السطح من أراض مرتفعة نحو
المنخفضات أو الوديان المجاورة ، أو انحدارها من تحت سطح الحقول الزراعية
المرورية نحو القنوات والمصارف التي تخترقها . ففي مثل هذه الظروف يتحرك الماء أولا
إلى أسفل من تحت الأرض المرتفعة قبل أن يعود للارتفاع مرة أخرى في القنـسـيات أو
المنخفضات حتى يصل إلى منحدتها المائية (مكل ١٢١) وشمل هذا يحدث كذلك

(1) Ward, R.C., Ibid.

٢٦٦



شكل (١٢٠) اتجاه حركة المياه الجوفية بعيداً على الخطوط
الكنتورية الموضحة لها



شكل (١٢١) طريقة انتقال المياه الجوفية من ارض مرتفعة الى قناة
او ارض منخفضة بجوارها

من الأراضي المرتفعة التي عليها الرواق النهرية ، وبجوارها المستنقعات في الأراضي المنخفضة المحيطة بجيب اراضي اشوا ارتفاعا بسبب الجدار العالي اليه يساهم الارتفاع المذكورة ، وارتعا بسبب الخدمة المائية فيها انما لذلك

على أي حال فإن انتقال الماء من تحت المرتفعات إلى المنخفضات المجاورة
يتم دائما طالما بقيت المنخفضة المائية تحت المرتفعات اعلى منها في المنخفضات ،
ولا أن عملية التوازن الهيدروستاتي تعمل بالتدرج على تحديد منسوب المنخفضة فليس
المنادى حتى تأخذ وضعا الافقى ، وقد نلاحظ بقع تحت ترب الماء من المرتفعات
الى المنخفضات ، وهكذا فان هناك علاقة طردية بين تمارس سطح الارض وبين
منسوب المنخفضة المائية ، بمعنى ان منسوب المنخفضة يكون في المرتفعات اعلى منه فليس
المنخفضات المجاورة ، ولتفسير ذلك يمكننا ان نقارن بين منطقتين متجاورتين احدهما
مرتفعة والى المنخفضة ، وان نفترض ان ماء المطر يتسرب فيها بسرعة واحدة ، فان كانت
المرتفعة التي يتجمع فيها الماء مكونة من مواد ناعمة فان انصرافها بها نحو المنخفضة
المنخفضة يكون ابطأ من وصول المياه الخشونة اليها من اعلى ، وترتب على ذلك تزايد
الارتفاع منسوب منسوبها المائية طالما استمر سقوط المذرة ، ثم يحدث التوازن بعد ذلك
المنسوب ، فلو ان كانت الطبقة الحاملة للماء ذات تسوية خشن ، أو كانت
مكونة من رافعات بالتباين فان عملية التوازن تتم بسرعة نتيجة لتربة تترك الماء ، فلا
يحدث المنخفضة المائية أن تأخذ وضعا الافقى تحت المنطقتين في وقت قصير نسبيا .

إلا أن العلاقة بين تضاريس سطح الأرض والخصوبة المائية لا تكون دائماً مباشرة ، بل إنهما كثيراً ما تتفق ، بحيث تحقق التراكيب الجيولوجية مثل وجود بعض الصخور غير النفاذة في طريق التضخم المائية مما يؤدي إلى تغذيتها وظهور دوراتها في مستويات مختلفة .

14. المادى الاتزانىة :

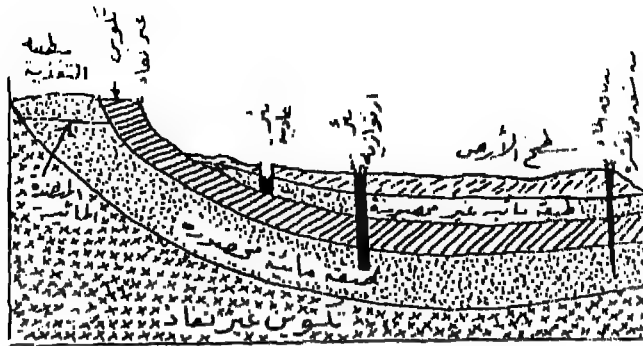
ان تعبير " الماء الارتوازي " Arterian Water " مرادف لتعبير
 " الماء المحتجز " Confined water " الذي شاع استخدامه في الوقت

الحاضر ، وأهم صفات هذا الماء هي ان الطبقة الحاملة له تكون واقعة تحت الطبقة غير نافذة تحول دون اتصالها بالجو ، ويكون حدود رتبه يمتد بها واقعا في منطقة مرتفعة مما يؤدي الى زيادة الضغط المائي فيها ، ولهذا السبب فإن ماءها يندفع إلى أعلى بمجرد أن يخذ الضغط الواقع عليه سببا بسبب الحركات الأرضية او حركات الأيسار . فعندئذ يندفع الماء إلى أعلى حتى يصل إلى المستوى الذي يتوازن فيه مع منسوب المنخفضة المائية في منطقة التغذية حيث يكون هذا المنسوب في أعلى وضع لسه . وقد يصل الماء الخدفع إلى سطح الأرض حيث ينساب تلقائيا أو يرتفع بشكل نافذ للوصل إلى المستوى المعادل لمنسوب أعلى نقطة في المنخفضة . ويطلق على هذا المنسوب علما تعبير " المستوى البيزومتري " Barometric level . إلا أن الماء المرتفعة لا تستطيع الوصول عادة إلى هذا المستوى تماما لسببين هما :

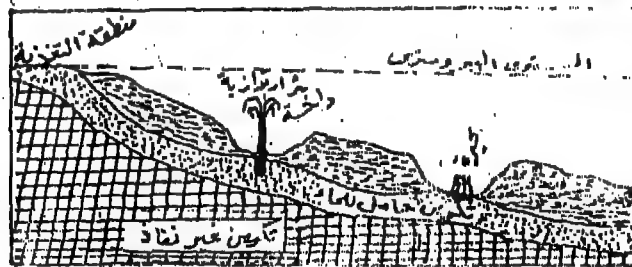
(١) بطء حركة الماء في فراغات وسام أغلب الصخور ، (٢) طول الرحلة التي لا بد ان يقطعها الماء خلال الصخور من منطقة التغذية الى مكان البئر . وقد يبلغ طول هذه الرحلة أحيانا بضعة آلاف من الكيلومترات .

والشكل الغالب في التراكيب الارتوازية هو التركيب الحوضي ، السدى تحت الطبقة الحاملة للماء به بشكل حوض منخفض يتغذى من مناطق مرتفعة واقعة على جانب أو أكثر من جوانبه (شكل ١٢٢) .

والى جانب هذا التركيب تظهر التراكيب الارتوازية بأشكال أخرى في مناطق ذات اشكال تضاريسية وتراكيب جيولوجية خاصة (شكل ١٢٣) ومن أهمها : (١) مناطق الكتبان الرملية الثابتة حيث توجد المياه الارتوازية أحيانا في المنخفضات المحصورة بين الكتبان . (٢) المناطق التي توجد بها صدوع طولية ، وعموديا في تكوينات الصخور النارية (٣) المنخفضات الصحراوية الواقعة قرب مناطق مرتفعة تتغذى منها الطبقات المائية المتدعة تحت هذه المنخفضات . وكذلك غيرها . ما تمكن عوامل التمرية من تعميق هذه المنخفضات حتى تتكشف المنخفضة المائية في قعرها فتظهر بشكل بحيرة يتوقف دوائها على بقائها بمنسوب الطبقة المائية فوق سطح الأرض .



شكل (١٢٢) التركيب الارتوازي الشاسع



شكل (١٢٣) تراكمات ارتوازية - (١) في منطقة كتيان ومليحة
(٢) في منطقة صحرانية - (٣) في منطقة تاربية
بها طول

المعيون Spring :

المقصود بالمعيون هو الفتحات التي يخرج منها الماء الجوف تلقائياً إلى السطح . وهي تظهر عادة في المواضع التي تتقابل عندها المتعدة المائية مع سطح الأرض، وكذلك في التراكيب الانزياحية إذا وجد الماء المحصور متغذاً إلى السطح . وتظهر المعيون بأشكال متعددة جداً بحيث يصعب وضع تصنيف دقيق لها ، ومع ذلك يمكننا أن نقسم هذا التصنيف الذي وضعه لها بريان (1) إلى قسمين رئيسيين :

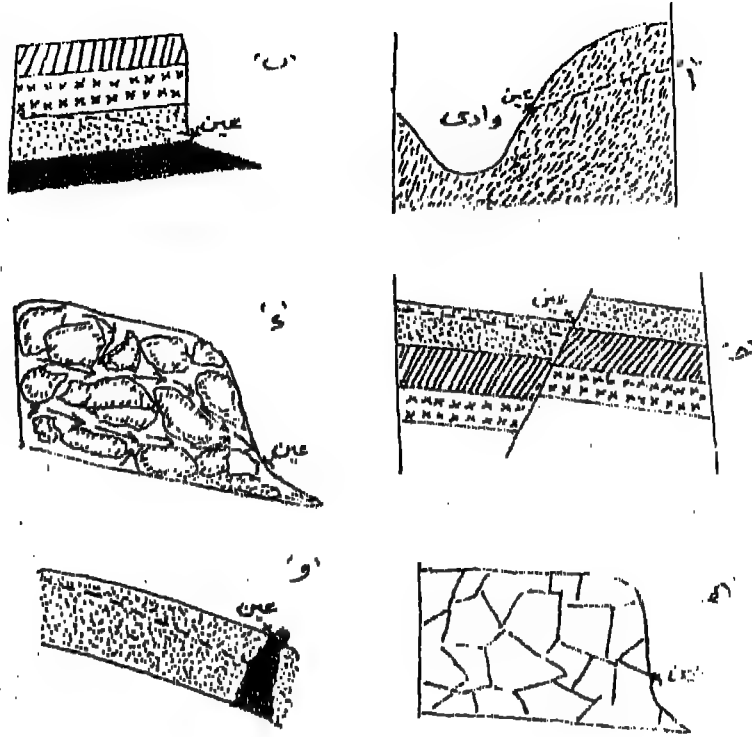
- ١ - نوع يظهر نتيجة لتأثير قوة الجاذبية على المياه الجوفية .
- ٢ - نوع مرتبط بالنشاط البركاني أو بالصدوع والتمتعة من القشرة . وتكون مياه هذا النوع غالباً حارة .

والنوع الأول من المعيون هو النوع الرئيسي الذي يستغل في مختلف جهات العالم على نطاق واسع . ويمكن أن تدخل فيه المعيون الانزياحية ، فعلى الرغم من أن مياهها تبرد ومنتفعة عند الجاذبية إلا أن العامل الأساسي في ظهورها هو انحدار المياه بفعل الجاذبية من منطقة التغذية المرتفعة إلى الطبقة الحاملة للماء ثم انحدارها إلى الحوض الذي تنشق منه المعيون .

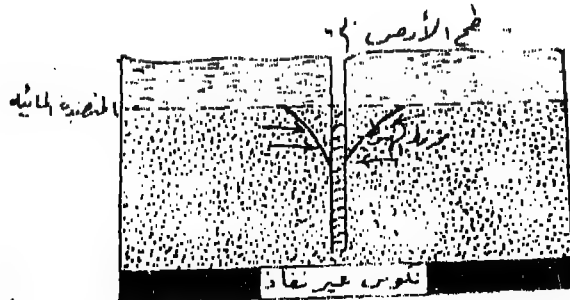
ويرتبط ظهور معيون الجاذبية بأشكال تضاريسية وجيولوجية متنوعة ، ولكنها تشترك في أن مياهها يخرج إلى السطح في كل الحالات بتأثير قوة الجاذبية مما يؤدي إلى ظهور المعيون في أكثر أجزاء المتعدة المائية انخفاضاً ، كما يتبين من الأمثلة الآتية (شكل ١٢٤) :

- أ - على جوانب الوديان أو المنخفضات .
- ب - عند قاعدة الحافات الصخرية العليا شديدة .
- ج - على امتداد سطح أحد الصدوع إذا أدى إلى حلول طبقة غير نفاذة محل امتداد الطبقة النفاذة على أحد جانبيه ، بشكل يؤدي إلى وقف الحركة الانفية للماء .

(1) Bryan, K., Classification of Springs, Jour. of Geology, Vol. 27, 1919, pp. 522-561.



شكل (١٢٤) امثلة لميول الجاذبية ، (أ) على جانب احد الوديان ،
 (ب) عند قاعدة إحدى الحافات ، (ج) في أعلى صدع من الصدوع
 (د) في منطقة كارستية (هـ) في منطقة كثيرة الشقوق والمفاصل ،
 (و) في جانب احد السدود النارية .



شكل (١٢٥) مخروط السقوط الذي يتكون عند سحب الماء بسرعة من احد
 ١٧١

- د - حيثما تكثر الكهوف والمجاري السفلية وغيرها من المظاهر التي تنتج عن الذوبان في مناطق الصخور الجيرية فيتصل بعضها ببعض .
- هـ - حيثما تكثر الصدوق بالمقابل وتتصل بعضها ببعض في مناطق الصخور النارية والتحولية .
- و - حيث توجد كتلة نارية مدفوعة في طريق الطبقة الحاملة للماء .

والمعروف أن الماء يتدفق من بعض الميوز بدون انقطاع بينما يكون خروجه منقطعا أو مقصورا على فصل معين من ميوز أخرى ^(١) ومن الواضح أن تصريف أى عين من الميوز يرتبط ارتباطا مباشرا بالتكوين الذى يغذيها ، وبالمصدر الذى يغذى بها التكوين ، فالميوز التي تنشق من تكوينات تستمد مياهها من مصادر دائمة مضمونة مثل احدى المناطق غزيرة المزار أو احد الانهار القريبة يكون تصريفها دائما ، بينما يكون تصريف الميوز المنبثقة من تراكبات حصوية صفيحة منقطعا ، حتى انه لا يحدث الا بعد سقوط المطر ، ولا يستمر الا لفترات محدودة .

ميزانية استخراج الماء من الآبار :

في حالة استخراج الماء من الآبار فإن الامر يتطلب معرفة ظروف الطبقة الحاملة له ، من حيث سمكها وطاقاتها وإمكانات إمداد تغذيتها لتقدير المعدلات التي يمكن أن تسحب منها وعدد الآبار التي يمكن أن تخزن فيها ، فالطبقات الجوفية السطحية في قيعان الوديان والسهول الفيضية والمناطق الساحلية تكون عادة رقيقة وتكون احتمالات إمداد تغذيتها في فصل الجفاف ضئيلة أو معدومة ، كما أن تسرب الماء نحو الآبار قد لا يكون قادرا على تعويض ما يسحب منها إذا زاد معدل السحب عن حد معين ، أو استخدمت في عمليات السحب ضخات قوية ، وفي المناطق السطحية الساحلية بالذات تكون طبقة المياه الحلوة مرتكزة غالبا على طبقة من مياه البحر المالحة ، ولهذا فإن زيادة سرعة السحب عن حد معين يترتب عليها ارتفاع المياه المالحة لتحل محل المياه الحلوة في الآبار ، ويكون من الصعب إمداد الوضع إلى

(١) Annley, R.L. & Kohler, M.A. " Applied Hydrology ", New York, 1949.

ما كان عليه إلا بعد أن يتوقف السحب لفترة طويلة ، وقد يحتاج الأمر إلى تغذية الآبار بالماء الجوف ، ناعما للمساعدة على دفع المياه المالحة وإزالة الوضع إلى ما كان عليه . ويختلف الحال عن ذلك بعض الشيء بالنسبة لاستغلال مياه الخزانات الجوفية التي تعتمد ماؤها من مناطق تغذية معينة ، وقد لوحظ أنه عند سحب الماء من أحد الآبار المحفورة في إحدى هذه الطبقات أن هذا السحب يؤدي إلى هبوط منسوب الماء من البئر وحوله مباشرة ، ويتكون نتيجة لذلك مخروط أو قمع يطلق عليه اسم مخروط (أو قمع) الهبوط ، *the depression* أو *Funnel* *depression* . وكلما اقتد انحدار جوانب هذا المخروط زادت سرعة انسحاب المياه إلى البئر من الجوانب فيزداد بالتالي تصريفه (شكل ١٢٥) . ومعنى هذا أن الحصول على أكبر تصريف للبئر في مثل هذه الحالة يتطلب الإسراع بسحب الماء منه في بدايته الأمر حتى يتكون له مخروط مائي مغلق ، إلا أن هذه السرعة يجب ألا تستمر لفترة طويلة خصوصا إذا تم السحب من عدة آبار في وقت واحد ، لأن مثل هذا السحب قد يؤدي إلى هبوط منسوب كل المنضدة المائية ليعمل تصريفها .

ومن الممكن تقدير كمية المياه التي تتجدد سنويا في التراكيب الأثرية ضمن طريق المراقبة المستمرة للكميات التي تسحب منها ويأطرا على منسوب منضدتها المائية من تغيير من وقت إلى آخر . ومن هذه المراقبة يمكن حساب معدلات إعادة تغذية بها ، على سطح المنضدة ثابتا لسنوات عديدة فإن هذا يدل على أن الكميات المستخرجة منها تتعادل مع الكميات التي تعاف إليها بإعادة التغذية ، أما إن طرا عليها هبوط مستمر فمن هذا أن إعادة التغذية لا تكفي لتعويض المياه المستخرجة ، وفي هذا «دائرة على طاقة الخزان المائي» ، لإعادة رفع المنضدة المائية إلى مستواها الأول ، وهذا هو مبدأ تجديد المياه الجوفية ، حركة المياه المتسربة إليه ، وتبرز هذه المشكلة بصفة خاصة في المناطق التي تنفذ في طبقاتها المائية من مناطق مطرها قليل أو غير منظم ، وقد لا يكون من الضروري من بعض الأحيان إعادة تغذية الطبقة الحاملة للماء صناعيا عن طريق حفر آبار أو بالطين تعاد بواسطتها المياه الضائعة إلى هذه الطبقة ، وتعبر هذه الآبار باسم آبار التغذية ، إلا أن هذه الطريقة تؤدي غالبا إلى زيادة الملوثات

ولا بد من التنبيه الى أن التوسع الحضري في مناطق التغذية له بعض الآثار السلبية على إعادة تغذية المياه الجوفية ، سواء من حيث كمية أو درجة تلوثها ، لأن مساحات كبيرة من هذه المناطق تغطى بأسطح غير نافذة من أهمها المطبات المائى والتوارع والطرق والملاعب والحدائق ، فبالإضافة إلى هذه التغيرات قد قللت من امكانيات تغذية المياه الجوفية ، وحتى مع التسليم بأن كثيرا من مياه المدن توجه الى البالوعات والمبارى فان هذه المياه تكون شديدة التلوث ، ولذا تسبب بعضها الى طبقات المياه الجوفية فانه يؤدي الى تلوثها .

وربما يمكن معالجة هذه الآثار السلبية بإعادة توجيه المياه السطحية من منطقة التغذية الى أحواض خزانة تسمع أراضيها بتسربها نحو الطبقة الجوفية أو بالإكثار من حفر آبار خزانة إعادة التغذية في الأماكن الملائمة .

نوعية المياه الجوفية :

المقصود بنوعية المياه هو حالتها من حيث الطعم واللون ودرجة الحموضة ودرجة الحفوضة والمحتوى البيولوجى والكيمائى ، وكلها أمور لابد من بحثها لمعرفة مدى صلاحية الماء للشرب أو للرى أو الصناعة أو الأغراض المنزلية ، والمعروف عموما أن نسبة الملوحة والمواد المعدنية تكون أعلى في المياه الجوفية منها في المياه السطحية ، ومع ذلك فان المياه الجوفية تتباين فيما بينها تباينا كبيرا حتى في نفس الأماكن المتقاربة في بعض الأحيان ، بسبب التباين في التراكيب الصخرية التى توجد فيها أو تمر بها ، أو بسبب تباين أعماقها أو الأعماق التى توجد فيها ، والمعتمد على أن تكون المواد الملحية والمعدنية الدائمة في مياه المخزور الرملية الكوارتزية أقل منها . في مياه التكوينات الجيرية ، لأن الكوارتز معدن ثابت لا يتحلل بالذوبان أو بأى عامل آخر من عوامل التجوية بينما يذوب الجير في الماء المحمل ببعض ثاني أكسيد الكربون .

وكلما كانت حركة المياه بطيئة زادت نسبة ما تحتويه من مواد ملحية بعدد هائلة دائمة . وكلما زاد عمق التكوينات الحاملة للماء ، فإن القشرة زادت نسبة المواد الذائبة بها ، فإذا زاد العمق عن ١٥٠٠ متر لا يكون هناك احتمال كبير لوجود ماء عذبة

سالمية التربة والماء الذي قد توجد على هذه الاعناق يكون عادة شديدة
الملوحة لدرجة أن معدل ملوحتها يكون أضعاف المعدل المعروف لمياه البحار
والمحيطات ، وهو ٣٥ جزء من الألف .

وتزايد الملوحة كذلك كلما طالت رحلة الماء خلال الصخور من مناطق التغذية
إلى مناطق الاستهلاك ، وتكون الملوحة غالباً أعلى في الأقاليم الجافة منها في الأقاليم
الرطبة ، لأن نشاط عملية تجمد مياه التربة وطبقة المياه السطحية في الأقاليم الجافة
يؤدي إلى تركيز الملوحة في التربة وعلى سطحها نتيجة لارتفاع المياه بقوة الخاصية
الشمعية ثم تخرجها على السطح ، ولهذا فإن ماء المطر يحمل معه عند تسربه في القشرة
بعض الأملاح التي تختلط بالماء الجوفية ومع ذلك فقد توجد المياه الحلوة في بعض
المناطق المنخفضة تحت الوديان والمنخفضات التي تتجمع فيها مياه الأمطار ، حيث
يتسرب بعض هذه المياه من القاع قبل أن يتحمل بالأملاح ، وتتكون منها عدسات كبيرة
من المياه الحلوة التي تتميز بعمقها ، وهي ظاهرة بالوف في الأقاليم الجافة حيث
تظهر تحت قاع بعض الوديان وبعض المنخفضات التي تتجمع فيها المياه المنحدرة من
السطح .

وهنا يخضع لدرجة الحرارة ، فإن المياه الجوفية تختلف عن المياه السطحية في
درجة حرارتها لا تتغير من يوم إلى آخر أو من شهر إلى آخر وكلما زاد بعد الطبقة
الماءية من السطح كانت درجة حرارتها ثابتة ، ولكنها قد تختلف من مكان
إلى آخر على حسب درجة الحرارة التكوينية التي تحتوها ، والظروف المعبئة
لمناطق وجودها ، فقد يكون بعضها شديد البرودة لدرجة التجمد ، كما هي الحال
بالنسبة للمياه الجوفية الموجودة في مناطق التربة المتجمدة في الأقاليم الباردة ، كما
يكون بعضها حاراً إلى درجة الغليان تقريباً ، كما تدل على ذلك مياه العيون الساخنة
المعروفة ، وليس هناك سبب واحد يفسر هذه الحرارة الجوفية إلا أن الأسباب
الاحتمالية هي : ١ - التزايد المعتاد للحرارة كلما ازداد العمق ، ٢ - ملاصقة
المياه لحدود جوفية شديدة الحرارة من نوع الماجما ، وهذا ان السيلان هذا أكثر
الاحتمالات قبولاً ، وإلى جانبها توجد أسباب أخرى محتملة ولكن ليس هناك اتفاق عليها
بشأنها ، فالمشعاع الذي ينتج عن «مياه» التصدع أو الذي يحدث نتيجة لبعض
التفاعلات الكيميائية أو الذي تحدثه بعض العناصر المشعة .

وقد دلت بعض الملاحظات في الولايات المتحدة على أن درجة حرارة المياه الدوئية في الأنهار التي تتراوح بين ١٠ و ٣٠ مترًا أعلى من درجة حرارة المياه الدوئية عن المعدل السنوي لدرجة حرارة الهواء في منطقتها وأنها تكون نتيجة لذلك أدفأ نوطًا من هذا الهواء في الشتاء وأبرد نوطًا ما في الصيف^(١).

انصراف المياه الجوفية إلى البحار والمحيطات :

قد يبدو أن المياه الجوفية ، وخصوصًا المياه المحصورة ، ضعيفة العلة بالجيو كما يوحى بعدم مساهمتها مساهمة كبيرة في الدورة المائية العامة Hydrological Cycle ، ولكن الواقع أننا لو نظرنا إلى المياه الجوفية عمومًا نجد أنها ترتبط ارتباطًا قويًا بهذه الدورة وتساهم فيها بتعبير كبير جدًا ، وذلك لأن أغلبها يتحرك باستمرار نحو البحار والمحيطات ، سواء من خلال التكوينات الصخرية أو عن طريق الانهار ، أو بالانحدار الباعث بعد انبثاقها إلى السطح ، وذلك بالإضافة إلى ما يصل منها إلى السطح سواء بالرشح أو عن طريق العيون والآبار ، ثم ينطلق بعد ذلك إلى الجو بالتبخر .

وتمثل الأنهار الطرق الرئيسية لانصراف المياه الجوفية إلى البحار والمحيطات في معظم جهات العالم . فقد دلت القياسات المائية لكثير من الأنهار على أن نسبة كبيرة من تصريفها مصدرها المياه الجوفية التي تصل إليها بالرشح أو عن طريق العيون التي تنبثق في قيعانها ، أو من جوانبها ، أو نتيجة لتقاطع قيعانها في بعض المواضع مع المنحدر المائية . وطلق على المياه الجوفية التي تصل إلى الأنهار بهذه الطرق تعبير " انسياب القاعدة " (أو جريان القاعدة) Base Flow . يعتبر هذا الجريان عاملاً رئيسياً في تنظيم جريان كثير من الأنهار ، لأنه يساعد على استمراره حتى في موسم انقطاع المطر ، ولهذا فإن بعض الكتاب يطلقون عليه تعبير " جريان الجوانب " any weather flow^(٢) . وقد يكون مصدر مياه هذا الجريان قريباً من الشهور .

(١) " The Hydrology of the United States " ، U.S. Geological Survey ، 1955 .

(٢) " The Hydrology of the United States " ، U.S. Geological Survey ، 1955 .

أو بعيدا عنه على حسب بعد المنطقة التي تتغذى منها الطبقة الحاملة للمياه ، ولهذا فإن وصولها إلى النهر قد يستغرق في بعض المناطق بـعدة أيام بينما يستغرق في بعضها الآخر عدة أسابيع أو أشهر ، بل وربما عدة سنوات ، ولكن مجرد وصولها إلى النهر فإن انسيابها يحد مستمرا بانتظام طالما بقي الخزان المائي الذي تأتس منه محافظا على منسوبه .

فمن الدراسات الهيدرولوجية التي أجريت على بحر مسوري مثلا ، عند مدينة أوماها في نبراسكا من أكتوبر ١٩٤٠ إلى سبتمبر ١٩٤٢ ، تبين أن هذا النهر ، وهو أكبر روافد نهر الميسيسيبي ، يعتمد في جريانه الشتوي بصفة أساسية على انسياب القاعدة ، وذلك بسبب قلة الأمطار وتحد التربة . ويكون هذا الانسياب محدودا في أول الأسر ، ولكنه يتزايد بسرعة حتى يصل في أوائل الصيف إلى ٧٠ متر مكعب في الثانية نتيجة لإعادة تغذية الطبقة الحاملة للماء بالمياه الناتجة من انسياب الثلوج أو سقوط الأمطار .^(١)

كما تبين من الدراسات التي أجريت على بحر فزون أن الكمية الكلية للمياه التي تحمله من اليابس المحيط به تبلغ ٣٠٠ كم^٣ سنويا ، وأن المياه الجوفية التي تحمله عن طريق الأنهار تمثل وحدها ٤٠% من هذه الكمية ، أي ١٢٠ كم^٣ وأن ٢% الخسرى مصدرها المياه الجوفية التي تنحدر إليه مباشرة من الجبال المشرفة عليه^(٢) .

وفد سجلت ملاحظات مشابهة لذلك تقريبا على المياه التي تنحدر عبر الأراضي الهولندية نحو بحر الشمال ، حيث تبين أن معظم هذه المياه نزل إلى البحر عن طريق الأنهار وخصوصا نهر الرين . وتبدو أهمية المياه الجوفية في جريان الأنهار كبيرة بصورة أوضح في الأقاليم الجافة ، حتى أن كثيرا من البحار الداخلية تعتمد عليها اعتمادا كبيرا تقريبا . ومثال ذلك بعض الأنهار التي توجد حول مرتفعات أواسط آسيا ، حيث تتسرب مياه الأمطار والثلوج المنصهرة في التكوينات الرسوبية السمكية المترابطة عند سفوح المرتفعات لتعود فتنبثق منها بشكل أنهار منقطعة الجريان ، وتشتهر هذه

(1) Strahlen, A. " Physical Geography, " .V., 1975.

4 th ed., pp. 14-236.

(2) Ivovion, M., op.cit.

الانهار في اسيا باسم (Himalayas) في المياه السوداء (Himalayas) ومنشأه
يقال عن بعض الانهار التي تستمد مياهها من المياه المجمعة في كهوف وبراكين
التكوينات الكارستية .

أما المياه الجوفية التي تنصرف إلى البحار بالأحبار المباشرة ، فعلى الرغم
من كبر كمياتها فإنها اقل بكثير من كميات المياه التي تصل إليها بواسطة الانهار .
ومن اوضح الامثلة للانحدار المباشر مياه العيون الكثيرة التي تنحدر على السواحل
الغربية لجبال روكي وجبال الانديز نحو المحيط الهادى ، ومياه العيون التي تنحدر
نحو البحر الأسود من جبال القوقاز ، والتي تنحدر على المنحدرات الساحلية لجبال
اللبالدينارية في يوغوسلافيا نحو البحر الادرياتي (٢) .

أما انصراف المياه الجوفية إلى البحر تحت سطح القشرة فيتوقف على عوامل
كثيرة أهمها : كمية المياه نفسها ، فإن كانت كبيرة فقد تسال نحو البحر بكميات
كبيرة ، وقد تنشق بشكل عيون تحت مياهه الساحلية ، أما إن كانت قليلة فقد
لا يصل منها شيء إلى البحر ، وخصوصا إذا تعرضت للاستهلاك حيث أنها سرعان ما
تستنفد وتحل محلها مياه البحر المالحة التي تتسرب نحو اليابس . وتعالج هذه
الحالة أحيانا بدفع المياه العذبة في الآبار من أعلى ، تدفع المياه المالحة
وتفسح المجال لعودة تسرب المياه العذبة .

الماء الجوية في المناطق الكارستية

المقصود بالمناطق الكارستية هي المناطق التي تتكون من صخور جيرية قابلة للذوبان في الماء المحمل بكمص ثاني أكسيد الكربون ، والتي تكثر بها الظاهرات السطحية والجوفية التي نتج من تضاير عمليات التجوية الكيميائية الناتجة عن الذوبان وعمليات النحت الناتجة من جريان الماء على السطح وفي فراغات الصخور ، ويطلق على هذه الظاهرات تعبير الظاهرات الكارستية نسبة إلى منطقة " كارست " Karst من غرب يوجوسلافيا ، وهي أول منطقة درست فيها هذه الظاهرات وتوجد غيرها في مناطق كارستية كثيرة منتشرة في مناطق الصخور الجيرية في العالم .

ولا توجد الظاهرات الكارستية في كل مناطق الصخور الجيرية لأن تكوينها يتوقف على نوعية هذه الصخور وعلى قابليتها للذوبان ، وعلى كثرة الأمطار الماطية . تتميز الصخور الجيرية بالذوب بسهولة في الماء الحامل لثاني أكسيد الكربون مشكل المذيلات ، وهذا هو شدة هذه العملية ولا يسهل ذوبانه مثل الدولوميت ، والنسوع الأول هو النوع الأول ، لذلك هذه الظاهرات ، أما النوع الثاني فغير ملائم لهذا ، ومن الواضح أن كثرة الأمطار تلعب دورا رئيسيا في تكوينها لأن ماء المطر هو المستقر من عملية الإنذابة ومن عمليات الذوبان المائي ، ولهذا فإن هذه الظاهرات لا توجد في المناطق الجافة إلا في حالة ما إذا كانت هذه المناطق قد مرت بها منارات مطيرة في عصر سابقة .

وساعد على تجمع الماء الجوية في فراغات الصخور الجيرية أن تكون هذه الصخور مركزة على تكوينات غير نفذة حتى لا تتسرب مياهها إلى تكوينات أخرى أسفل منها .

أهم الظاهرات الكارستية :

يمكن تقسيم هذه الظاهرات إلى قسمين أحدهما يوجد على السطح ، وينسب وجود الثاني على أعماق مختلفة في داخل الصخره مع ملاحظة أن الظاهر السطحية والظاهر الجوفية تكون غالبا متصلة ببعضها .

بالنظر إلى سطح المناطق الكارستية يلاحظ أنه مزق بواسطة "الباهيات" المسيفة والحفر الأخرى المشروعة والشقوق والفوالق . وتوجد بينها جميعا التسويات وبروزات كثيرة ناتجة لها حافات حادة في بعض الأحيان .

"البالوطات" (Sink holes) هي أهم الظاهرات الكارستية التي توجد على السطح والتي تتعمق في نفس الوقت في جوف الصخور . وهي عبارة عن منخفضات حوضية متعمقة في الصخور بواسطة قنوات رأسية تقريبا ، بحيث تكون الباهية أشبه بالقبع الضخم وقد تصل قنواتها الرأسية إلى أعماق تزيد على العشرات من الأمتار حتى تصل بالأنهار السفلية والكهوف ، أما فتحاتها السطحية فيختلف اتساعها من بضعة أمتار إلى بضعة مئات من الأمتار المربعة . وفي المناطق الكارستية الناضجة يكون السطح غالبا مقطعا بعدد كبير من البالوط الضخمة الحجم ، بحيث أن عددها قد يصل إلى عدة مئات في الكيلومتر المربع . وكثيرا ما يؤدي استمرار عمليات التجوية والنحت إلى اتصال بعض البالوط المتجاورة ببعضها فتتكون منها أحواض ضخمة .

والعامل الرئيسي الذي يؤدي إلى تكون معظم البالوط هو عامل التجوية الكيميائية الناتجة عن ذوبان الصخور الجيرية في الماء ، إلا أن بعضها قد يتكون كذلك نتيجة لانسيهار الصخور التي تتركز على الكهوف الداخلية ، وطلق عليها اسم البالوط التي تتكون نتيجة للتجوية الكيميائية وحدها اسم "الدولينات" (dolines) أما البالوط التي تلعب الانسيهارات دورا رئيسيا في تكوينها فيطلق عليها اسم البالوط الانسيهار . والبالوطات هي الطرق الرئيسية التي تسلكها المياه السطحية إلى جوف الصخور . وتظهر على السطح كذلك بعض الوديان التي قد يمتلئ بعضها بالماء تحت سقوط أمطار غزيرة . ويحدث هذا بصفة خاصة إذا كانت القاعدة غير النفاذة التي تتركز عليها الصخور الجيرية قريبة من السطح . ولكن هذه الوديان لا تلبث أن تجف نتيجة لانصراف مياهها عن طريق البالوعات والشقوق إلى الكهوف والأنهار السفلية . وطلق على الوديان السطحية التي تتلخص

بالماء بعد سقوط المطر ثم تجف نتيجة لانصراف مائها إلى الباطن اسم الأول يسمى
 العمياء . - واستثناء الجريان الموقت الماء في هذه الأول يسمى
 فإن المناطق الكارستية تكون غالبا خالية من الانهار السطحية لأن تصريف مياهها
 يحدث عادة في جوف الصخور .

أما الظواهر الكارستية الجوفية فلتشيرة وتباينة الامتثال والاحجام ، وأهمها
 الشقوق والفواصل والكهوف والانهار السطحية . يعتبر الكهوف والانهار السطحية
 أهم هذه الظواهر وأكبرها .

وتتكون الكهوف غالبا في مناطق الضعف في داخل الصخر وخصوصا في أماكن
 التقاء الشقوق والفواصل وتؤدي عمليات الذوبان وعمليات النحت الطافي المستمرة إلى
 توسيعها . وتنتقل المياه بينها من طريق الشقوق والفواصل وتتكون منها أنهار سطحية
 تتبع مناطق الضعف وتحد مع انحدار التكوين الجيري الحامل للماء إلى أن تجسد
 نفسها بنفذا إلى الخارج في جانب أحد الوديان أو السهول ، وهذا يتحقق بشكل
 ميون تندفع مياهها أحيانا بصورة دائمة . وقد يكون اندفاعها بقوة تعادل قوة اندفاع
 مياه الفلالات . وكثيرا ما تكون هذه الميون هي الموارد المائية الرئيسية سواء للزراعة
 أو للمراكز العمرانية .

وقد يحدث أثناء تسرب المياه السطحية إلى الكهوف أن تتعلق ببعض
 نقط الماء المحملة بالجير بأسقف هذه الكهوف ، كما يسقط بعضها الآخر فسوق قاعها .
 يؤدي تبخر هذه النقط إلى ترسب الجير في أماكنها . وتكرار هذه العملية تتكون
 الأعمدة المعلقة Stalactites والأعمدة الصاعدة Stalagmites
 التي سبق أن تكلمنا عليها عند كلامنا على الصخور الجيرية (الفصل السادس صفحات
 ١١٠-١١١) .

الدورة الجيومورفولوجية للمناطق الكارستية :

تتبع الدورة الجيومورفولوجية للمناطق الكارستية نظاما خاصا تلعب فيه ميساه
الامطار والتجوية الكيميائية المشتلة في ذوبان الصخور الجيرية الأدوار الرئيسية فتمس
تشكيل هذه المناطق .

فعلى فرض ان المنطقة بدأت تتعرض بعد ظهورها مباشرة لهذه العوامل
فان المرحلة الأولى لدورتها الجيومورفولوجية تبدأ بجريان الماء على سطحها حيث
تتكون مجار نهريّة متباينة الأحجام ، وفي نفس الوقت يأخذ بعض الماء في التسرب
في شقوق الصخور بفواصلها فيؤدي الى توسيعها وإلى تكون البالوعات في المواضع
التي تتلقى فيها الشقوق بعمقها ، ومرار الوقت يتزايد عدد البالوعات وتكبر
أحجامها ويتزايد اندفاع المياه فيها الى جوف الأرض ، وتصبح هذه الظاهرة السائدة
على السطح ، كما تكون الأنهار السطحية قد عثقت مجاريها في الطبقة الصخرية
السطحية ، التي تكون غالبا مكونة من صخور صلبة ، حتى تصل إلى طبقة الصخور
البحيرية اللينة ، فتأخذ مياهها في الانصراف إلى الكهوف والأنهار السفلية فيؤدي
ذلك إلى اختفائها تدريجيا ، وعندئذ تكون المرحلة الأولى للدورة الجيومورفولوجية
قد وصلت إلى نهايتها .

وفي المرحلة الثانية وهي مرحلة الشباب تكون البالوعات قد وصلت إلى حالته
المتقدمة في تطورها ، وتكون كثير من الأنهار السطحية قد اختفت بينما تكون الكهوف
والأنهار السفلية قد بدأت تتطور وتكبر أحجامها وأعدادها وتكون الشبكة المائية
الجوفية قد بدأت تأخذ شكلا متكاملا .

وفي المرحلة الثالثة وهي مرحلة النضج تختفي كل الأنهار السطحية تقريبا
ويقصر وجودها على أنهار صغيرة فصلية تملأ بالماء في موسم المطر ولكنها لا تلبث
أن تجف بسبب انصراف مياهها إلى الكهوف والأنهار السفلية عن طريق البالوعات ،
أما الشبكة المائية السفلية فتزداد تعقيدا بزيادة أحجام الأنهار السفلية وروادها

وتفرعاتها وزيادة أحجام الكهوف واستداداتها الأفقية والرأسية ، وتتكون فيها الأعمدة الجيرية الهابطة (الاستلاكية) والمساعدة (الاستلاجية) وفي أواخر هذه المرحلة تحدث بعض الانسيابات التي تؤدي إلى كشف بعض الكهوف وبعض قطاعات الأنهار السفلية .

وفي المرحلة الرابعة والأخيرة وهي مرحلة الشيخوخة ، تكون الانسيابات الصخرية قد أدت إلى كشف أغلب الكهوف وتحويلها إلى بحيرات غائرة وإلى كشف أغلب الأنهار السفلية وظهورها كأنهار سطحية ذات جوانب شديدة الانحدار ، وتظهر على السطح بعض التلال الصخرية المنعزلة المتخلقة من الأراضي المرتفعة التي كانت تفصل بين الهوابط والأحواض السطحية .

وبما يجدر ذكره في النهاية أن المراحل الأربعة التي ذكرناها تتداخل في بعضها بحيث يصعب وضع حدود واضحة بين بعضها وبعض ، وقد تختلط مظاهرها ببعضها بحيث توجد في المنطقة الواحدة ظاهرات تنتمي إلى أكثر من مرحلة من هذه المراحل .

الباب السادس

الاشكال التضاريسيه الكبرى لسطح اليابس

الفصل العشرون - السهول .

الفصل الواحد والعشرون - الهضاب والجلال .

الفصل الثاني والعشرون - البحيرات والمستنقعات .

السهول العشرون

السهول PLAINS

تعريفها - صفاتها العامة

المقصود بالسهول ، بمعناها العام ، هو الأراضي التي لا توجد بها أراضٍ شديدة الانحدار أو منحدرات كبيرة أو كثيرة بدرجة تفير من مظهرها السهل العام . ولا وجدت بها أي من سمات فيجب أن تكون قائمة ، وألا تزيد ارتفاعاتها عن عشرات الأمتار . ومع ذلك أنه لا يشترط أن يكون السهل ناسم الاستواء ، ولكن بشرط أن يكون كل منحدراته معدلة .

وتختلف السهول من حيث الصفات أو Plateaus أو Tablelands من حيث نواح أهمها : أن المنحدرات تكون أكثر ارتفاعاً وتكون حافاتاً عديدة منخفضة واضحة بواسطة منحدرات شديدة أو قائمة ، كما يكون سطحها مغطى بواسطة وديان وأخاديد شديدة العمق ، وقائمة الجوانب كما سنوضح عند الكلام عليها في الفصل القادم .

وعلى الرغم من أن السهول تشترك في صفاتها العامة وخصوصاً ما يتعلق منها بعدم وجود منحدرات شديدة أو جبال عالية ، فإنها تختلف فيما بينها في كثير من السمات ، فمن حيث ارتفاعها العام عن سطح البحر نجد أن بعضها يكاد يكون في مستوى سطح البحر بينما قد يصل ارتفاع بعضها إلى بضعة آلاف من الأمتار ، كما هي الحال في السهول المحصورة بين سلاسل الجبال

الكبرى ، والى ظهور فيها شرط عدم ظهور المنحدرات الشديدة أو المرتفعات الكبيرة . ومن حيث درجة الاستواء فإن بعض السهول يسكاد يكون تام الاستواء بينما يكون بعضها الآخر كثير المنخفضات والتلال والوديان ، كما هي الحال بالنسبة لما يعرف باسم « أشباه السهول Peneplains » . وبينما يكون السطح في بعض السهول قاحلا جافا فإنه يكون في بعضها الآخر كثير المستنقعات والبحيرات ، وبينما يكون السطح في بعض السهول مغطى بمواد رسوبية مفككة ، سواء أكانت ناعمة مثل العاصصال أو الطين أو الميغ ، أو خشنة مثل الرمال الخشنة والحصى وقطع الصخور المهشمة فإن بعضها الآخر يكون صغريا عاريا أو مغطى بكساء جليدى دائم .

وبعض النظر عن السهول التى لا تساعد ظروفها المناخية أو مواردها المائية أو تكويناتها السطحية على استغلال أرضها للانجاج الزراعى فإن السهول هى ، على وجه العموم ، أصاح المناطق لهذا النوع من الاستخدام ، بشرط أن تكون متطلباته الأخرى متوفرة بها . كما أن السهول هى أصاح المناطق للنمو الحضري والتجمع السكانى .

وبالنظر إلى خريطة تضاريسية للعالم نجد أن أغلب السهول العظيمى مفتوحة إما على المحيط الأطلسمى أو على المحيط المتجمد الشمالى ، أما السهول المفتوحة على المحيطين الهندي والهادى فمعظمها عبارة عن سهول صغيرة نسبيا ، ومن أمثلتها السهول الصغيرة المفتوحة على المحيط الهادى والمحيط الهندي فى جنوب آسيا وشرقها ، وفى استراليا وشرق إفريقيا وغرب الأمريكتين . والى ذلك هو أن سواحل المحيط الهادى تكتنفها نطاقات جبلية تكاد تكون متصلة ، ولا تفصل بينها وبين مياهه إلا سهولا ساحلية صغيرة متفرقة .

نشأتها وأنواعها :

نشأ السهول بفعل عوامل متعددة ومتباينة ، فبينا يتكون بعضها نتيجة لعمليات النحت فإن بعضها الآخر يتكون نتيجة لعمليات الإرساب . وقد تتدخل حركات القشرة الأرضية كذلك في تكوين بعض السهول أو تطورها . ولذلك فإن هناك أنواعا متعددة من السهول ، ومن أهمها ما يأتي :-

أولا : السهول الناشئة عن النحت وتشمل : (١) السهول التعانية الكبيرة التي تمثل المرحلة الأخيرة من مراحل النحت المائي في المناطق الجبلية ، وهي تشمل أشباه السهول (Peneplains ، ٢) سهول أقدام الجبال (Pediplains وهي السهول الصخرية التي تتكون عند سفوح الجبال بواسطة النحت الذي تقوم به مياه الوديان المنحدرة على جوانبها ، وهي تمثل مرحلة من مراحل تكون أشباه السهول ، ٣) سهول النحت البحري ، وهي السهول التي تتكون على السواحل نتيجة للنحت الذي تقوم به الأمواج ، ٤) سهول الكوستا (Coosta التي تتكون نتيجة للنحت في منطقة طبقاتها مائلة شديدة الصلابة في أجزائها العليا . ٥) سهول النحت الجليدي التي تتكون في المناطق التي زحف الجليد عليها في عصور سابقة . ٦) سهول الكارست (Carst التي تتكون في مناطق التكوينات الجيرية نتيجة لعمليات التجوية التي تقوم بها المياه الجوفية ، وهذا هو العامل الرئيسي في تكوينها ، بالإضافة إلى عوامل أخرى أهمها التعرية المائية .

ثانيا - السهول الناشئة عن الإرساب وتشمل : (١) سهول رواسب الفيضانات الجارية وأهمها السهول الفيضية (Flood Plains ، وسهول الدلتاوات ،

وسهول الـ Bajada التي تتكون في حوض الجبال نتيجة لانحسار
الدرجات التي تكونها رواسب الوديان الجبلية في المناطق الجافة ، وسهول
الـ Playa التي تتكون في الأحواض الداخلية التي تسمى إليها المياه
المنسوبة من الجبال في المناطق الجافة . (ب) سهول الإرساب الجليدية .
التي تتكون من الركامات الجليدية بمختلف أشكالها . (ج) سهول الإرساب
الهوائية وأهمها السهول الرملية وسهول اللويس Loess .

ثالثاً - السهول الساحلية الحديثة : ومن أهمها السهول الساحلية التي
ظهرت حديثاً نتيجة لارتفاع جدره من قاع البحر ، أو انحسار المياه عن
بعض المناطق الشاطئية الضحلة بسبب ارتفاع الأرض أو تراكم الرواسب
على القاع .

وعلى الرغم من أن هذه السهول تكون مسوية عند بدء ظهورها ، فإنها
لا تلبث أن تخضع لحوامل التعرية المختلفة فيقطع سطحها بواسطة الأنهار
التي تقطعها من ناحية اليايس ، كما تكثر بها المستنقعات والبرك التي تتجمع
فيها مياه الأمطار . ومع ذلك فإن الأنهار التي تقطعها تكون دائماً بطيئة
الانحدار وقليلة العدد ، بسبب عدم وجود فرق كبير بين مستوى سطح
الأرض ومنسوب القاعدة ، كما أن انحدار الأرض يكون بطيئاً وغير كاف
لجذب كل المياه التي تتراكم على السطح فيجتمع الكثير منها في الحفر
والمنخفضات الضحلة التي تكثر عليه وتتكون منها كثير من المستنقعات
والبرك والبحيرات التي قد تكون عظيمة الاتساع في بعض الأحيان .
ونجد هذه المظاهر بكثرة في السهول الساحلية المنخفضة في ولايات
فرجينيا وكارولينا الشمالية وكارولينا الجنوبية وجورجيا وولايات الخليج

من فلوريدا إلى تكساس ، فمعظم هذا السهل مسوًى ولا يزيد مسوًاه عن ١٥ متراً فوق سطح البحر ، وفيه تكاثر المستنقعات والبحيرات والجاري المائية بدرجة لا توجد في أى منطقة أخرى في الولايات المتحدة . ويقدّر أن مساحة المستنقعات والبحيرات والأنهار الضحلة التى توجد في هذا السهل تعادل ٦ المناطق رديئة المعروف في الولايات المتحدة كلها . وتوجد سهول ساحلية من نفس هذا النوع في شرق نيكاراغوا وشرق جنوب إفريقيا والحافات القطبية في ولاية الاسكا وفي نهال لاتحاد السوفيتي .

سهول النحت المائي : (١)

لما يوجد سهل في العالم لم يتأثر بالتعرية المائية ، لأن هذا العامل من عوامل التعرية ينتشر انتشاراً واسعاً حتى في المناطق الجسافة . ولكنه لا يوجد مستقلاً بل يتداخل معه التعرية الهوائية أو التعرية الجليدية . ويعتبر تأثير التعرية المائية على حجم الجارى النهرية التى تقطع السهل وعلى كمية ما يحمله من مياه ورواسب ، كما يتوقف على المرحلة التى تمر بها هذه التعرية . وعلى أساس هذه المرحلة فإن السهل ينقسم إلى نفس المراحل التى تقسم إليها الجارى المائية ، وهي مرحلة الصبا والشباب ثم مرحلة النضج ومرحلة الكهولة .

مرحلة الصبا والشباب في تطور السهل بواسطة النحت : ثاني :

في هذه المرحلة يكون سطح الأرض متطعاً بواسطة وديان رئيسية متباينة تتصل بها شبكة كثيفة من الروافد القصيرة المتجمعة على امتدادها . بينما تكون أراضي ما بين الأنهار متسعة رملساء وانحداراتها معتدلة وخصوصاً

(١) راجع موضوع « الدورة التعانية المائية » ضمن الفصل الخامس عشر من هذا الكتاب .

في أوديةها العليا ، التي تمثل السطح الأصلي للمنطقة ، والتي لم تصل إليها
مجارى الروافد . وقد يكون السطح الأمس واحدا من الأسطح الآتية :

- أ) سطح تحاقى قديم لدورة تهاوية سابقة وصلت إلى مرحلة الكهولة .
- ب) سهلا فيضيا Alluvial قديما . (ج) قاعا سابقا لبحر أو بحيرة .
- د) سطحها لغطاء جديد من غطاءات اللافا .
- هـ) سطحها لغطاء زحف عليها الجليد .

وتتوقف المظاهر التفصيلية لهذا السطح على الطريقة التي نشأ بها ، وعلى
أى حال فأما كانت نشأته فإن المهم في هذه المرحلة هو أن يكون سطح
للسهل أملاسا بصورة واضحة ، وأن تكون ارتفاعاته - إن وجدت - صغيرة
وآلا توجد به منحدرات شديدة . فعندما يبدأ جفر الأنهار الرئيسية لوديانها
على مثل هذا السطح فإن قدرتها على تعميق مجاريها تكون محدودة بينما
تكون قدرتها على النحت الجانبي كبيرة ، ولهذا فإنها تكون غالبا مسطحة
وقيانها مسطحة ، بينما تكون الروافد التي تصب فيها ضيقة والمنحدراتها
أشد تدرجا . وتكون هذه الروافد مراصاة حول المجرى الرئيسى نفسه بينما
تبقى الأجزاء المرتفعة من أراضي ما بين الوديان ملساء وغير مقطعة ، ولكن
يلاحظ أن ضفاف الأنهار نفسها تكون شديدة الانحدار .

ويكون نظام التصريف النهري في هذه المرحلة هو غالبا النظام الشجرى
dendrolio ، ويظل هذا النظام واضحا إذا كان السهل مكونا من طبقات
صخرية أفقية أو كان تركيبه متجانسا ، أما إذا كانت الطبقات مائلة أو
كان التركيب الصخري متباينا فإنه نظام آخرى قد تجعل محل هذا النظام في
مراحل التطور التالية لكي تتلاءم المجارى النهريية مع التركيب الجيولوجى

وفي هذه المرحلة تكون أراضي ما بين الوديان هي المناطق التي يتجمع فيها
المكان ويتركز فيها الانتاج الزراعي وتمتد فوقها الطرق والسكك الحديدية
وفي الأقاليم الجافة نسبيا قد تستغل أجزاء من ليعان بعض الوديان الممتدة
للزراعة أثناء موسم الجفاف .

ومن الأمثلة على السهول التي تمر بمرحلة الشباب السهول العليا في شرق
جبال روكي في كولورادو ونيومكسكو وكانساس وأوكلاهوما
وتكساس ، وكثير من سهول الميسوري وأوهايو ومسوري الشمالية والأجزاء
الخارجية من السهل الساحلي المطل على المحيط الأطلسي وخليج المكسيك
بين فرجينيا وتكساس .

مرحلة النضج في تطور السهول بالنحت الثاني ،

في هذه المرحلة تكون الروافد قد تقدمت بدرجة أدت إلى اختفاء
الأراضي المرتفعة الأصلية التي اتصل بين الوديان الكبرى ، وتكون
الانحدارات الشديدة على جوانب الأودية هي المظهر السائد في المنطقة ،
ويكون من الصعب أن توصف المنطقة بأنها سهلية ، لأن أغلب انحداراتها
تكون شديدة ، ومع ذلك فإن انحدارات الأنهار الرئيسية نفسها تكون
صغيرة وتكون مرة جريانها محدودة ، أما روافدها فتكون قد أكلت
إزالة السطح العلوي الأصلي . وتكون وديان الأنهار الرئيسية قد اتسعت
وأصبح قاعها في الغالب مسطحا ، ويحدث ذلك في أواخر مرحلة النضج
وفيها يصبح سطح المنطقة كله مقعدا وتسوده الوديان ذات الجوانب
شديدة الانحدار . ولا يبقى من السطح الأصلي المستوي الذي كان يفصل

بين هذه الوديان شيء يستحق الذكر . ونتيجة لذلك يختلج السكان الذين
كانوا مجتمعون فيها للانتقال إلى الوديان المنبسطة نفسها .

وتوجد أمثلة للسهول المعقدة التي تمثل هذه المرحلة في شمال ولاية مسوري
بجنوب ولاية أبوا وشرق نيراسكا وفي كثير من السهول الساحلية الداخلية
إلى الشرق من مرتفعات الابلاتش في ولايتي جورجيا وكارولينا وفي مناطق
متفرقة من الأجزاء الداخلية المحصورة بين جبال روكي ونهر المسوري .

مرحلة الكهولة في تطور السهول بالذئبت الثاني :

ويطلق على السهل في هذه المرحلة اسم شبه لسهل Peneplain ، وفيه
تبقى من أراضي ما بين الأنهار إلا تلالاً صغيرة قليلة الارتفاع ، بينما تكون
الوديان قد أصبحت عظيمة الاتساع ، خصوصاً عند مصباتها . وأشياء
سهول هذه قد تكون متطورة من سهول عادية بعد مرورها في مرحلتين
شباب والنضج ، ولكنها قد تكون متطورة كذلك من مناطق جبلية معقدة .
لكن عملية التطور في الحالة الأخيرة تكون بطيئة جداً ، وخصوصاً في
أحواض الأخيرة ، والغالب هو أن تلالاً كبيرة نسبياً تظل بارزة على السطح
بدل من السطح الجبلي الأصلي ، وهذه التلال هي التي تعرف باسم
Monadnocks . ولكن من النادر أن نجد في الوقت الحاضر أشياء سهول
صلبت في تطورها إلى مستوى القاعدة فعلاً (وهي آخر مراحل التطور)
بقيت كذلك حتى الآن ، لأن حركات القشرة الأرضية وذبذبات سطح
البحر كانت دائماً تتدخل في تطور هذه السهول حتى ولو كانت قد
صلبت إلى آخر مراحل تطورها .

سهول القدم الجبال : Pediplains

وهي كما سبق أن ذكرنا عند الكلام على التعرية المائية في المناطق الجافة عبارة عن سهول تحالية تتكون بجوار قاعدة الجبال مباشرة ويكون سطحها صمغياً أملساً ومقوساً تقوساً خفيفاً مع انتشار بطيء إلى الخارج ، وقد يغطي سطحها بطبقة رقيقة من الرواسب التي قد تبقى فوقها ، وتتسع هذه السهول باستمرار على حساب الجبال المجاورة لها .

وتوجد أمثلة لهذه السهول في مناطق كثيرة من العالم مثل المناطق الصحراوية المحيطة بسلاسل الجبال في أمريكا الشمالية وفي شمال شيلي وجنوب غرب إفريقيا وبعض أجزاء الصحراء الكبرى بل وفي معظم المناطق الصحراوية التي كانت في الماضي مناطق جبلية .

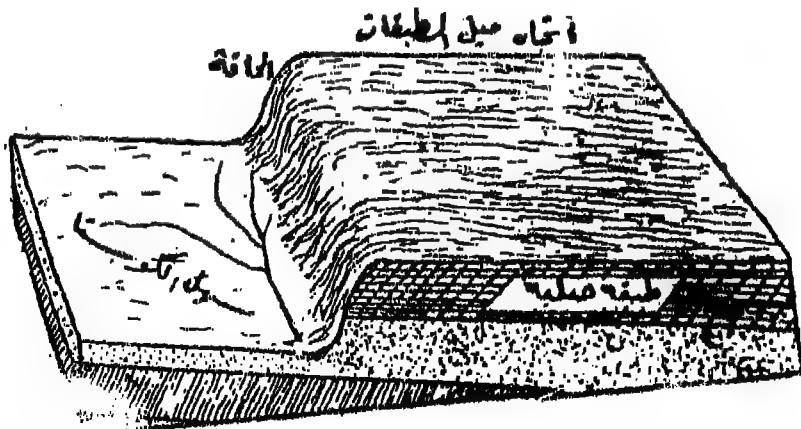
ونظراً لطبيعتها الصخرية ورقية طبقة التربة التي تغطيها إن وجدت فإن هذه السهول لا تصلح لنمو النباتات أو للزراعة ، وذلك على العكس من السهول الرسوبية التي تتكون بجوارها من تلاحم التناورات الوديان المنحدرة على جوانب الجبال (١) .

سهول الكوستا :

المقصود بالكوستا هو الحافة الجبلية الطولية التي تتكون نتيجة لبلقاء طبقة صخرية صلبة بارزة بعد تآكل الطبقات اللينة التي تحتها . أما سهل الكوستا فهو السهل الذي يتكون أمام هذه الحافة نتيجة لتآكلها وتراجعها بسبب عمليات التعرية ، وخصوصاً التعرية المائية .

(١) راجع موضوع (دور المياه الجارية في تشكيل سطح الانايم الجافة) من الفصل الخامس عشر .

ويفتح الكويستات عادة في المناطق المكونة من طبقات وسوية متباينة
لذلك فإنها ومائلة ميلا بسيطا في مثل هذه المناطق تحت التعرية، وخصوصا
التعرية المائكة، في الطبقات اللينة، بينما تبقى الاطراف العليا للطبقات الصلبة
بارزة بشكل حافات طويلة تفصل بينها سهول ممتدة نسبيا. وتتميز كل
كويستا بأن لها جانبيين أحدهما بطيء الانحدار ويميل في نفس اتجاه ميل
الطبقات، والثاني شديد الانحدار ويحرف على السهل الممتد أمامه بشكل حافة
متصلة أو متقطعة على حسب عمر الكويستا. ففي الكويستات الحديثة تكون
الحافة متصلة ولكنها تفقد اتصالها تدريجيا بمرور الوقت نتيجة لتقطعها
المستمر بواسطة الوديان النهرية حتى تتحول إلى سلسلة من التلال التي تأخذ
في التناقص فتتخذ نتيجة ذلك شكلها الأصلي المحدد كما يأخذ السهل الذي
تكون أمامها في الاتساع بسبب تراجعها المستمر، ومع ذلك فقد يبقى على
هذا السهل بعض التلال الصغيرة التي تتخلف عنها. وهكذا فإن الكويستات
تلبين فيما بينها في مظهرها العام، وفي اتساع السهول التي تتكون أمامها على
حسب أعمارها وبشكل الطبقات الصلبة التي تكونت منها وسرعة تأكل الطبقات
التي تحميها.



شكل (١٢٦) سهل الكويستا

و تعتمد الكوئستات وسهولها من الظاهر أن الجيومورفولوجية المنتشرة في مختلف الأقاليم، ومن أشهرها الكوئستات التي بدأت عامها خلالات بياجرا^(١)، والتي تختلف عن التلال التي ما زالت موجودة في جوسيب ولاية وسكوسين وكذلك الكوئستات التي توجد حول حوض باريس الذي يعتبر من أوضح أمثلة سهول الكوئستات. فقد تكون هذا الخرض من سلسلة من السهول التي تكونت أمام ست من الكوئستات التي ما زالت ظاهرة من حوله، على الرغم من أنها قد تقطعت تقطيعاً شديداً بواسطة كثير من المجاري النهرية وقد لعبت هذه الكوئستات أدواراً هامة في الدفاع عن مدينة باريس في أثناء الجروب.

سهول رواسب المياه الجارية Alluvial Plains

تتكون هذه السهول حينما تتمكن المياه الجارية من ترسيب حملتها. ويحدث ذلك في الأماكن التي تبدأ فيها سرعتها. وقد سبق أن تكلمنا على دور المياه الجارية في الأرساب وعلى بعض المظاهر التي تنتج عنه وتوزع رواسب المياه الجارية دائماً في مستويات أولية وتتكون منها سهول تتميز باستوائها العام. والواقع أن السهول التي تنتج عن الأرساب المائية تعتبر من أكثر السهول استواءاً في العالم ومع ذلك فإن هذه السهول تتأين فيما بينها على حسب المراتب والظروف التي يحدث فيها الأرساب. وعلى هذا الأساس يمكننا أن نميز ثلاثة أنواع من هذه السهول، وهي السهول الفيضية Flood Plains، وسهول الدلتاوات، وسهول حضيض الجبال أو الباجادا.

V.C Finch Q T Trewartha, "Physical Elements (١)
of Geography", 1957, P 276

السهول الفيضية Flood plains . وفي مجملها السهول التي تتكون نتيجة للترسب في وادي النهر ، ويختلف سمك الطبقات التي تتكون نتيجة لهذا الترسب من بضعة سنتيمترات إلى بضعة مئات من الأمتار فوق القاعدة الصخرية ، ففي حوض نهر المسيسيبي مثلا يبلغ سمك طبقات السهل الفيضي أكثر من ٣٥ مترا ، بل إنه يصل إلى أكثر من ١٣٠ مترا عند مصبه ، وقد يزيد من ذلك في وديان بعض الأنهار الأخرى .

وأوضح صفة من صفات السهل الفيضي هي استواء سطحه ، ومع ذلك فإن هناك بعض المظاهر التي قد تميز بعض السهول عن بعضها الآخر . ومن المظاهر الشائعة في السهول الفيضية وجود المجاري المائية للشط والمجاري المائية المتروكة والجسور الرسوبية الطبيعية Levees حول المجاري المائية للشط والمجاري المتروكة ، ووجود مساحات واسعة مسطوية بين المجاري المائية وخلف الجسور .

ويغلب أن تكون المجاري المائية في السهول الفيضية كثيرة الالتفاتات وكثيرة الفرع braided . وتوقف درجة الالتفات على اتساع النهر نفسه بالنسبة لامتداد سهل الفيضي ، وعلى نوع المادة الفيضية ، فكلما اتسع السهل الفيضي كانت أقواس الالتفات مكتملة ومتوغل نحو جانبي الوادي . والاعتقاد هو أن يكون اتساع نطاق الالتفات المكتملة معادلا لامتداد النهر نفسه بين ١٥ و ٢٠ مرة ، فإن كان اتساع الوادي أقل من ذلك فإن الالتفات لا تستطيع أن تكمل تكونها بسهولة ، بينما تستطيع أن تلتقي بسهولة من أحد جوانب الوادي إلى الجانب الآخر إذا كان السهل الفيضي متسعا . وتحدث مثل هذه الالتفاتات كذلك في الروافد التي تنصب في النهر الأصلي ، ولكنها تكون

صغيرة نسبيا . كما أن التغيرات عموما لا يستطيع أن يكتسب بطورها بسهولة إلا إذا كانت تكونات السهل الفيض من النوع الصالح للملاحة أو من أى نوع آخر لا يسهل نمته .

وتعتبر المجارى المائية المنفرعة braided كذلك من الظواهر الشائعة في السهول الفيضية . ويختلف مظهر هذه المجارى في موسم ارتفاع المياه عنه في موسم انخفاضها ، ففي موسم ارتفاع المياه يتشظى نطاق القنوات النهرية كله بطبقة رقيقة نسبيا من الماء ، وقد يتبع من ذلك تحول المياه من بعض المجارى إلى مجار جديدة وتكوين حواجز رسوبية طولية جديدة ، أما في موسم انخفاض الماء فإن معظم النطاق يكون جافا باستثناء بعض المستنقعات أو المسارب الصغيرة التي تبقى في المجارى العميقة ، وتحول باقي المجارى والجسور التي تفصلها إلى مناطق رملية جافة خالية من النباتات ، وتظهر بعض المجارى المتروكة التي تحول منها المياه بعد أن كانت تمتلئ بها . وفي الأقاليم الجافة تكون المجارى النهرية غالبا متفرعة ، ويكون موسم جريان الماء فيها قصيرا ، ولا يزيد أحيانا عن بضعة أيام عقب سقوط الأمطار مباشرة بينما يبقى سطحها رمليا مكشوبا في باقي أيام السنة . وقد يحدث في بعض الأنهار أن يشغل نطاق الترويح كل عرض السهل الفيض ، ولكن المعتاد هو أن يشغل أسما منه فقط ، ويكون ملسوبه منخفضا عن ملسوب باقي السهل الفيضى بأمتار قليلة .

وتعتبر البحيرات الهلالية (أو المقنطمة) من المظاهر الشائعة كذلك في السهول الفيضية ، وقد سبق أن شرحنا كيفية تكونها (١) ، ولكن معظم

(١) راجع القطاع العرضي للنهر ' في الفصل الخامس عشر .

هذه البحيرات لا يدوم طويلا ، لأنها تتعرض دائما للارساب سواء بوصول الرواسب إليها من المناطق المحيطة بها أو عندما تصل إليها مياه الفيضان ، كما تنمو فيها كثير من النباتات التي تساعد على امتلائها ، ولذلك فإنها تبقى تدريجيا وتغير أشكالها ببطء ، وقد يحذف بعضها كليا أو جزئيا فلا يبقى ما يدل عليها إلا منخفضات ضحلة هلالية الشكل ، وقد تتحول هذه المنخفضات إلى مستنقعات إذا وصلت مياه الفيضان أو إذا ملأها مياه الأمطار .

وتعتبر الجسور الرسوبية الطبيعية التي تتسند على جوانب المجارى المائية الشطلة أو المازوكة من الظواهرات الأخرى المهمة في السهول الفيضية . وهذه الجسور هي أعلى أجزاء السهل الفيضي ، ونظرا لارتفاعها فإنها تكون بداية الصرف ، ويبدو هذا واضحا من الحياة النباتية الكثيفة التي تغليظها . وبعض هذه الجسور يكون عريضا بدرجة تسمح باستخدامه للزراعة ، ولبناء مراكز العمران ومد طرق المواصلات .

وبعكس هذه الجسور فإن الأراضي المنخفضة المجاورة لها تكون رديئة الصرف ، ويكون سطح المياه البوقية فيها قريبا من السطح ، ولذلك فإنها تكون كثيرة المستنقعات . وكثيرا ما تغطي عليها مياه الفيضان ، ويحتاج استخدامهما للزراعة إلى مجهودات خاصة لعصرّف مياهها بواسطة شبكة من المصارف مثل الشبكة التي توجد في السهل الفيضي لنهر النيل في مصر والسهل الفيضي لنهر المانجست في الصين . وكثيرا ما تتعرض السهول الفيضية لحطار المياه أثناء كل ما ارتفع منسوب الماء في النهر .

وقد يظهر على جانبي السهل الفيضي زوج أو أدواج من المصاطب

الرسوبية التي تكونت عندما كانت مناسيب النهر أعلى منها في الوقت الحاضر وقد سبق أن تكلمنا على هذه المصاطب ، وذكرنا أنها تدل على مرات هبوط مستوى قاعدة النهر (١) . ونظرا لارتفاع منسوب هذه المصاطب من منسوب السهل الفيضي الحالي فإنها لا تعاني من سوء الصرف وتكون لذلك أكثر صلاحية للزراعة وأكثر سلامة من أخطار الفيضانات . ولكن هذه الميزة يقابلها من ناحية أخرى أن هذه المصاطب تكون دائما محرومة من الرواسب الجديدة التي تجلبها مياه الفيضانات كل سنة ، والتي تساعد على تجديد خصوبة تربتها .

سهول الدلتاوات :

تختلف هذه السهول عن السهول الفيضية من حيث ظروف نشأة كل منها فبينما تتكون السهول الفيضية نتيجة للارساب على اليابس فإن سهول الدلتاوات تتكون نتيجة للارساب في منطقة بحرية ضحلة مياهها هادئة . ومع ذلك فإنهما يشابهان في مظاهر سطحها عند اكتمال تكوينها بحيث يكون من الصعب وضع حد فاصل بينهما في منطقة التقائهما وتبدأ الدلتا في التكون بمجرد أن يبدأ النهر في إلقاء رواسبه عندما يقابل المياه الضحلة التي يصب فيها ، سواء أكانت مياه بحر أو بحيرة . وكلما تمت الدلتا وارتفع سطحها كلما أبطأ جريان الماء في الفروع النهرية التي تخترقها ، ونتيجة لذلك يزداد الارتفاع عند بداية هذه الفروع بل وبأخذ الارتفاع في التراجع نحو الوادي نفسه ، وهنا تتداخل الدلتا في السهل الفيضي فلا يظهر أي حد فاصل بينهما .

ويتميز سهل . لقا بنفس المظاهر التي يميز بها الالفيفضى للوادي ، فهو يشبهه في اسم ، سطحه وفي كثرة مسا به من مجار مائية تحددها جسور وسوية ، وفي كثرة المستنقعات التي تنتشر خلف هذه الجسور ، وفي كثرة المجارى المائية المتروكة . وتكون بعض المجارى المائية مسدودة ، بينما يكون بعضها الآخر كثير الانشاءات Meanders كما يكون بعضها كثير التفرع Braided . ولكن مع فارق رئيسي وهو أن فروع الدلتا تنحدر كلها نحو البحر وتكون منها غالباً شكل مروحي . إلا أن معظم هذه المظاهر قد تمتدات في كثير من الدلتاوات نتيجة للتوسع الزراعي والعمرائ ، فوجدت المستنقعات في كثير من المناطق ونحوات المجارى المائية والمجارى المتروكة إلى نزع وقنوات لارى أو إلى مصارف للتخلص من المياه الزائدة في التربة أو لغسلها .

وتعتبر الجسور الرسوبية من أصالح أراضي الدلتاوات لمد الطرق والسكك الحديدية ، ولنشوء المراكز العمرانية والعجمعات البشرية ، وذلك بسبب جفافها النسبي ، وبتراجع ارتفاع هذه الجسور بين متر ومترين عن سطح الأرض المحيطة بها ، ولكن ارتفاعها يتناقص كلما اقتربنا من سطح البحر حتى تكاد تختفي في المسطحات المائية المجاورة له . وقد يظهر بعضها في هذه المسطحات بشكل أصابع متجهة إلى البحر .

وباستثناء هذه الجسور وبعض الأجزاء المرتفعة الأخيرة عند رأس الدلتا وفي أراسطها فإن منسوب سطح القسم الأكبر منها يكون قريباً من منسوب سطح البحر ، ونحوها في أجزاءها السفلية التي مازالت غير مكتملة التكوين . فهنا يكون منسوب سطح الأرض هو نفس منسوب سطح البحر تقريباً ، ولهذا السبب فإن معظم هذه الأجزاء تكون مقصورة بالماء ، ولا يكون من السهل مشاهدة الحد الذي تنتهي عنده الدلتا ، ولكن يمكن الاستدلال علىه

بواسطة النباتات البحرية التي تظهر عادة في خط يتفق مع حافة الدلتا المغمورة . وقد دفعت الحاجة الى التوسع الزراعي بعض الدول إلى تخفيف الاجزاء الساحلية من الدلتاوات ونحوها إلى مناطق زراعية وليكن مجهودات وتكاليف كبيرة

ودلتا نهر النيل هي أشهر دلتا معروفة منذ التاريخ القديم . وهي أول دلتا أطلقت عليها هذه التسمية بواسطة اليونانيين القدماء . وقد كانت لها أدوار هامة في كل العمود الحضارية منذ الفراعنة . وتوجد غيرها مثلثات الدلتاوات في العالم . ومن أشهرها دلتاوات أنهار اللرون والبو والفلجا والسند والكنج والبراوادي والهوانج والأورينوكو واليكولورادو والميسيسي والنيجر والزمبيزي . أما معظم الدلتاوات الأخرى فهي مشهورة إما بسبب بعدها عن مراكز ازدهار السكان ، أو بسبب عدم اهتمام الباحثين بدراساتها حتى الآن .

وتعتبر دلتا الميسيسي من أشهر الدلتاوات التي درست دراسة علمية جيدة . ويبلغ طول واجهتها على خليج المكسيك حوالي ٧٣٠ كيلومترا (١٥٠ ميلا) وهو تقريبا نفس البعد بين رأسها وساحل البحر . ويرجع بدء تكوينها إلى أواخر عصر الجليد في الزمن الرابع ، ففي ذلك الوقت أخذت تصل إلى منطقتها من ناحية الشمال كميات ضخمة من الرواسب التي حملتها المياه الناتجة عن انصهار الجليد (١) . وقد تراكمت هذه الرواسب في خليج ضحل ، وكلما زاد تراكمها كلما أخذ سطحها في الهبوط ، ومازال هذا الهبوط مستمرا حتى الآن ، ولكن ببطء شديد جدا ، وهذا هو السبب في أن هذه الدلتاوات لم تعد تتقدم في مياه الخليج تقدا يذكر إلا في مواضع قليلة تتميز بنشاط عمليات الارساب فيها . ويتركز التجمع البشري في هذه الدلتا على الجسور

الرسوبية الطبيعية، فعلى هذه الجسور نشأت المدن والطرق والسكك الحديدية والحقول . وقد نشأت مدينة نيو أورليانز نفسها على أحد هذه الجسور بالإضافة إلى المنطقة التي جفت بحواره . ولا تزال هذه المدينة تعاني من كثرة المسطحات المائية المحيطة بها ومن قرب الطبقة المائية من السطح ، وما يترتب على ذلك من مشكلات كثيرة من النواحي الصحية والعمرائية والزراعية .

وتعتبر الدلتا نهر النيل كذلك من أشهر دلتاوات العالم بسبب وجودها في أقدم مناطق الحضارات البشرية الراقية . ولقد بدأ تكوينها في الزمن الرابع الجيولوجي في مدخل ذراع بحري قديم كان نهر النيل يصب فيه . وهي تتميز في تطورها نموذجا للتطور الذي تمر به الدلتاوات المائية ، إلا أن مشروعات الري واستصلاح الأراضي والنمو العمراني والسكاني في مختلف أرجائها غيرت كثيرا من مظاهرها الطبيعية ، ومع ذلك فازالت تتمثل في كثير من أجزائها معظم المظاهر التي تتميز بها سهول الدلتاوات ، ومن أهمها استواء السطح وكثرة الجسور الرسوبية والمستنقعات الواقعة خلف هذه الجسور والقنوات المتروكة التي تحول الكثير منها إلى مصارف أو تخرج وقنوات قري .

سهول الارساب الثاني في الاقاليم الجافة : (١)

أهم هذه السهول هي .

- (١) سهول الدلتاوات الجافة وأهمها هي السهول التي تتكون من التهام عدد من الدلتاوات بحوار الجبال .
- (٢) سهول أحواض الصرف الداخلي ومن أشهرها سهول البلايا Playa .

(١) راجع موضوع « دور المياه الجارية في تشكيل سطح الأقاليم الجافة » ضمن الفصل الخامس عشر .

سهول الدلتاوات الجافة: وهي تنشأ في نهاية وديان الأنهار لفصلية (الأخوار) ويجارى السيول التي تنتهى على اليابس . وهي كثيرة الوجود في الأقاليم الجافة التي لا تجري المياه في كثير من أنهارها إلا في موسم المطر ، ولا تستطيع أن تصل إلى أى بحر أو بحيرة أو نهر كبير . ففي هذه الحالة تتجمع الرواسب عند نهاياتها بشكل دلتاوات تكون رواسبها خشنة عند رأسها ، ولتلائم خشونةها كلما بعدنا عن نهاية الوادي . وقد تتسع الدلتا التي تتكون بهذا الشكل بدرجة تكفى لشore مراکز عمرانية وحقول زراعية واسعة ، خصوصا وأن المياه التي تنحدر نحوها تتسرب في تكويناتها وتتكون منها موارد مائية أرضية غنية في كثير من الأحيان . ومن أشهرها السهول التي من هذا النوع السهل الذي يتكون من دلتا خور الجاش ، والذي نشأت عليه مدينة كسلا في شرق السودان .

وكثيرا ما تتكون حول جبال الأقاليم الجافة سلاسل من هذه الدلتاوات . وكلما زادت أحجامها اقتربت من بعضها حتى تتلاحم وتكون سهلا رسوبيا واحدا يعرف في كثير من المناطق باسم « الباجادا » أو « الباجادا » . وقد سبق أن أطلقنا عليه اسم « سهل حوض الجبال » ، وهو يكون مفصولا عن قاعدة الجبال نفسها بواسطة السهل الصغرى المعروف باسم « سهل قدم الجبال Pediplain » ، ومن الطبيعي أن تتكون رواسب سهل الحوض (الباجادا) خشنة في أجزائه الأقرب إلى الجبال ، وهي الأجزاء التي تمثل رؤوس الدلتاوات التي كونته ، ثم تتناقص أحجامها كلما ابتعدت عنها ، كما أن ملمسها ينخفض تدريجيا في نفس الاتجاه . ويكون هذا السهل عادة غنيا بمياهه الأرضية ، وتكون التربة في أجزائها الأبعد عن الجبال خصبة وصالحة للإنتاج الزراعي . وبعض هذه السهول عظيم الاتساع جدا ،

لدرجة أنها استطاعت أن تستوعب مراكز عمرانية كبيرة ، وتنتج إنتاجا زراعيا وحيوانيا كبيرا ومنزوما . ومثال ذلك السهول التي توجد في وديان ساكرامنتو وسان جواكين San Joaquin في كاليفورنيا ، والسهول الموجودة في وادي شيلي بأمريكا الجنوبية وفي منطقة ممرقند في التركمستان الروسية (١) .

سهول أحواض الصرف الداخلي : تتكون هذه السهول عادة في المناطق الجافة وشبه الجافة بالقرب من مناطق الباجادا ، حيث تنصرف المياه المنحدرة في بعض الوديان إلى منخفضات داخلية فتتراكم الرواسب التي تحملها هذه الوديان على قاع المنخفضات وتتكون منها سهوله مكونة غالبا من رواسب طينية ناعمة ، وتتجمع المياه في أحرق أجزاء المنخفضات لتتكون منها بحيرات يعوقف حجمها على كمية المياه . ولكن التبخر المستمر مع انقطاع المياه يؤدي إلى جفاف كثير من هذه البحيرات فتتخلف في مكانها مسطحات من التربة المالحة . والبحيرات التي نجف بهذا الشكل هي التي يطلق عليها في أمريكا اسم Playa . ولكن بعض هذه البحيرات عبارة عن بحيرات مستديرة ، وقد يكون بعضها كبيرا بدرجة تجعله أقرب إلى البحر ولتكوين مثل هذه البحيرات يجب أن تكون المياه الواصلة إليها معادلة على الأقل لمجموع المياه التي تضيق منها بالتبخر والتي تكسب منها في العمقور . ومياه أغلب هذه البحيرات تكون مالحة ، كما أن تربة السهول الطينية الممتدة حولها تكون هي الأخرى مرتفعة الملوحة . وتوجد في مختلف جهات العالم مئات من البحيرات المالحة الصغيرة التي من هذا النوع ، أما البحيرات والبحار الداخلية الكبيرة فمدها محدود ومن أمثلتها البحيرة المالحة العظيمي

Great Salt Lake في ولاية يوتا، شمال أمريكا الشمالية وبحر آرال وبحر قزوين اللذين توجد حولهما سهول القزوين الغربية الممتدة ، ثم بحيرة تشاد في إفريقيا ، ومن أمثلة البحيرات الصغيرة التي من معظمها ونحوت إلى مسطحات مالحة بحيرة آير Kere في جنوب استراليا والبحيرات التي توجد في بعض أجزاء إقليم كاهاري في جنوب إفريقيا . وما زالت توجد في وسط المسطحات المالحة في كل هذه المناطق بحيرات مالحة صغيرة ، مختلفة من بحيرات القديمة . وتوجد في الفرع الشرقي من الأخدود الإفريقي العظيم سلسلة من البحيرات الداخلية الصغيرة وأكبرها هي بحيرة رودولف .

سهول التعرية الجليدية :

أهم هذه السهول هي سهول شمال أمريكا الشمالية وشمال غرب أوراسيا ، وهي المناطق التي غطتها الجليد خلال العصور الجليدية التي شملت وقتاً طويلاً من الزمن الجيولوجي الرابع ، أي خلال المليون سنة الأخيرة من عمر الأرض . فعلى الرغم من أن العوامل الرئيسية التي شكلت تضاريس هذه السهول هي العوامل التكتونية وعوامل التعرية المائية فإن كثيراً من أشكالها السطحية قد تكونت بسبب التعرية الجليدية ، ومع ذلك فإن كثيراً من هذه الأشكال قد تعدلت بفعل التعرية المائية خلال الفترة التي أعقبت الانقراض الأخير للجليد منذ حوالي ٣٥ ألف سنة ، ومع ذلك فإن آثار التعرية الإرساب الجليديين ما زالت واضحة ، ولكن بدرجات متفاوتة في كثير من المناطق ، إلا أن بعض المناطق تظهر فيها آثار التعرية أو نشيخ من آثار الإرساب ، بينما يظهر العكس في مناطق أخرى ، ولهذا فإن الباحثين يسمون السهول التي سام الجليد في تشكيلها إلى قسمين هما : سهول التعرية الجليدية ، وهي غالباً السهول التي توجد في المناطق التي كان يتوزع منها الجليد ومعظمها

مكون من صخور بلورية ، ثم سهول الارساب الجليدى ، وهى غالبا السهول التى كان الجليد يزحف نحوها ويلقى برؤاسه فوقها ، ومعظمها مكونة من رسامات جليدية مختلفة الأنواع .

سهول النحت الجليدى : تتميز هذه السهول بأن سطحها صخرى وتكثر به التلال ذات القمم المستديرة ، والوديان العريضة المفتوحة والأحواض المختلفة الأحجام . وهى غالبا خالية من التربة ، ولذلك فإنها لا تصلح للمزراعة إلا حينما تتجمع بعض التربة الرقيقة فى الوديان والمنخفضات . وقد سبق أن تكلمنا على الظواهر التى تنتج عن النحت الجليدى (١) . وحينما كان النحت الجليدى شديدا تكونت كثير من البحيرات فى الأحواض الصخرية التى خلفتها عمليات النحت ، ويقدر أن فنلندة وحدها بها حوالى ٣٥ ألف بحيرة تشغل فى أرضها حوالى ١١ ٪ من المساحة الكلية للبلاد . كما أن ٢٥ ٪ من المنطقة الواقعة إلى الشمال والغرب من بحيرة سوبهور فى مقاطعة ميليسوتا وأونتاريو فى كندا تشغلها بحيرات من هذا النوع . وتباين هذه البحيرات فيما بينها تباينا كبيرا فى العمق والمساحة ، ولكن أغلبها بحيرات ضحلة ، وتوجد فى وسط بعضها جزر صخرية سطحها مصقول كذلك بواسطة النحت الجليدى . وتتميز أنهار هذه السهول بكثرة تعاريجها وبكثرة شلالاتها وجنادلها حيث أنها لم تصل بعد إلى مرحلة التعادل

وتوجد سهول النحت الجليدى بصفة خاصة فى المناطق التى كان الجليد يتوزع منها فى عصر الجليد . وهى سهول فنلندة والسويد فى أوروبا والسهول اللورنسية المرتفعة فى كندا . وسهول فنلندة والسويد والبحر البلطى فى أوروبا .

سهول الارساب الجليدي : توجد هذه السهول في المناطق التي كان الجليد يزحف نحوها والتي كان باقي فيها إرساباته المتفرقة بعد انصهاره ، ولذلك فإنها توجد إلى الجنوب من سهول النحت الجليدي التي تكلمنا عنها - وأهم ما يميز مناطقها هو أنها مكونة من صخور رسوبية وأنها مغطاة بإرسابات جليدية مخلفة ، وأنها تحتوي على تربة صالحة للزراعة ، ولذلك فإنها أهم من حيث فائدتها للاستخدام الاقتصادي والعجم البشري من مناطق النحت الجليدي . ونظرا لأن الإرسابات الجليدية كانت تتراكم بصفة خاصة في الوديان والمنخفضات بينما كانت المرتفعات تتعرض للنحت ، فإن سطح هذه السهول أصبح أكثر استواءا من سهول النحت ، وقد كان هذا الاستواء واضحا في المناطق التي كانت فيها طبقة الرواسب متممة بدرجة أدت إلى تغطية كل مظاهر السطح الأخرى واختفائها تحتها ، فقد تبين أن سمك هذه الرواسب كان يزيد في بعض المناطق على ١٥٠ متر . وقد سبق أن تكلمنا على أنواع الرواسب الجليدية في فصل سابق وذكرنا أن من أهمها الركامات الجليدية المختلفة ، وهذه الركامات هي التي تظهر بكثرة في سهول الارساب ، ويضمونها الركامات السفلية التي تغطي كل المناطق التي وصل إليها الجليد تقريبا . وتتكون هذه الركامات من إرسابات متنوعة تقامح أحجامها بين حجم حبيبات الصلصال الدقيقة إلى حجم الكتل الصخرية الضخمة .

وهذه السهول ليست تامة الاستواء ولكنها تضم غالباً بعض التلال وصخور الركامات المخلفة والمنخفضات التي تغطي السطح شكلا موجعا ، وتوجد هنا بحجم ومات كبيرة من « الكتبان الجليدية » أو الدريليز (Drumlins) وهي عبارة عن تلال تأخذ شكل نصف البيضة ، وكانت في

الأصل ركازات جليدية ثم عاد الجليد وزحف عايتها فأعطاهما هذا الشكل (١).
وتوجد كذلك كثير من البحيرات الضحلة التي تكونت في المنخفضات التي
تفصل الركازات بعضها عن بعض وتلعب الأنهار في جريانها نفس هذه
المنخفضات ولذلك فإنها تكون كثيرة التعرج . ومع ذلك فإن التطور الزراعي
والعمري في هذه السهول قد أدى إلى حدوث تعديلات كثيرة في مظاهر
السطح حيث اختفت كثير من البحيرات وتهدت مجاري كثير من الأنهار .

سهول التعرية الهوائية :

إن الصحاري في أمم الأقاليم التي تلمع الرياح دورا هاما في تشكيل
سطحها بسبب خلوها من الغطاء النباتي الذي يمكن أن يحمي سطحها من
عمليات التآكل الهوائية . ومع ذلك فمن المؤكد أن التعرية المائية تلمع في
الأخرى دورا هاما في تشكيل سطح الصحاري .

وأهم دور تقوم به الرياح هو نقل المواد الناعمة من مناطقها إلى مناطق
أخرى مما يؤدي إلى تخفيض سطح المناطق الأولى ورفع سطح المناطق
الثانية . ولكن تأثير الرياح لا يتركز على مواضع محددة بل المياه وإنما
يشمل مساحة شاسعة من السطح . ومع ذلك فإنها تستطيع أن تحفر بعض
المنخفضات في بعض المواضع إذا توفرت لها شروط وظروف خاصة ، كما
سبق أن شرحنا عند الكلام على المنخفضات الصحراوية (٢) .

وتعتبر السهول الصحراوية الحصوية نتيجة من أهم نتائج التعرية الهوائية ،
وذلك لأن الرياح تنقل عند هبوبها الرمال السطحية بمختلف أحجامها ، على

(١) راجع الفصل السابع عشر .

(٢) راجع الفصل الرابع عشر .

نحسب سرعتها ، بينما يتخاف الحصى ويتكون منه طبقة ناعم الرمال التي تسمى . . . هذا إذا كانت رمال المنطقة مختلطة بالحصى ، أما إذا كانت كل التكوينات عبارة عن رمال فإن الرياح تزيها باستمرار وبترتب على ذلك انخفاض تدريجي في سطح المنطقة . وإيست كل الصحارى على أية حال رمالية ، لأن هناك مساحات صحراوية شاسعة غير رمالية . وتوجد أكبر المساحات الصحراوية الرملية في العالم في أراسط شرق الصحراء الكبرى وفي جنوب شبه الجزيرة العربية . والمصدر الرئيسي لهذه الرمال هو تجموية الصخور الجرانيتية والرملية التي تحتويها .

والتعربة الهوائية هي المسؤولة كذلك عن كثير من الأشكال التي تنشأ من تراكم الرمال وأهمها الكثبان بمختلف أنواعها (١) ، سواء في ذلك الكثبان المتحركة أو الكثبان التي تماسكت رمالها وتكونت منها تلال رملية ناهية .

. سهول اللويس Loose : وهي من أم السهول التي تدعى في نشأتها إلى فعل الرياح . وهي مكونة من تربة اللويس المشهورة ، وهي تربة مكونة من أتربة ناعمة جدا تقلتها الرياح من المناطق التي توجد فيها حاليا ، وقد كانت كيات الأتربة المدفولة كبيرة جدا بدرجة أدت إلى تكوين طبقات من هذه التربة يزيد سمكها في بعض المناطق على مائة متر . ولكن يلاحظ أنه لا يشترط أن تكون كل مناطق اللويس سهولا ، لأن الأتربة التي نقلتها الرياح كانت ترسب على السهول وعلى الجبال والهضاب على حد سواء ، فكانت لذلك تأخذ شكل المنطقة التي أرسبت فوقها .

وتعتبر تكوينات اللويس بأنها غير مرتبة في طبقات وبأنها شديدة التناذية

الماء يسبب تآكل الرأسية التي تكوّن فيها مكان النباتات التي دفنت وتحللت فيها . وهي ليست شديدة اليباس ، ولذلك فإن الأنهار تعمق فيها مجاريها بسهولة ، وتظهر جوانب الأنهار التي تخترقها بشكل جروف سهل انهارها . تكاثر على سطح سهول اللويس الحفر التي تمتلئ بالماء ، ويشعر هذا النوع من التربة بخصوبته .

ومن أكثر سهول اللويس في العالم سهل الباميا في الأرجنتين . ومن المرجح أن التربة التي يتكوّن منها قد نقلت إليه بواسطة الرياح من منحدرات جبال الانديز في الغرب ، وهو سهل خصيب عظيم الامتاج الزراعي . وفي أواسط الولايات المتحدة يغطي اللويس كذلك مساحات واسعة ، كما تشتهر الصين بتكوينات اللويس السميك التي تغطي مساحات شاسعة في شمالها الغربي . ولكن مناطق اللويس هنا لا تظهر بشكل سهول بمعنى الكلمة ، لأن التربة التي وصلت إلى هذه المناطق من السهول الجافة في أواسط آسيا وغربها قد تراكت فوق أراض كثيرة التلال ، فبقى سطحها معتدا ، ثم ازداد تعقده بفعل التعرية المائية . ومن هذه المنطقة يحمل نهر هوانج (أو النهر الأصفر) الرواسب الصفراء الكثيرة التي أخذ منها اسمه ، والتي تكوّن منها السهول في منطقة دلتا .

السهول الكارستية Karst Plains :

تنتشر هذه السهول في مختلف القارات ولكن أغلبها يكون صغير المساحة . وهي تشترك في بعض الظواهر التي تميز سطحها ، وأهمها الظواهر التي تنتج عن ذوبان الصخر في المياه ، وخصوصا المياه الجوفية ، بينما لا يكون للمياه السطحية تأثير كبير عليها ، حيث أن أنهارها السطحية تكون قليلة أو معدومة في بعض المناطق .

وبخلاف السهول التي تتكون بفعل المياه الجارية ، والتي يكون سطحها مسويا فإن سطح السهول الكارستية يكون مقعدا بسبب كثرة الظاهرات الكارستية التي تنشأ به نتيجة لذوبان الصخور الجيرية في الماء ، والتي من أهمها الحفر الوعائية Siukholes ذات الأشكال المختلفة ، والمرتفعات التي تنتشر بغير نظام معين ولا تكون لها أشكال أو أحجام محددة . وتنتشر تحت السطح نفسه كثير من الكهوف والمراديب والانهيار السفلية التي لا يظهر لها بدايات ولا نهايات واضحة . والعامل الاساسي في تكوين كل هذه الظاهرات هو ذوبان الصخور الجيرية في المياه الجوفية ، وفي بعض المياه السطحية .

وتظهر في قاع بعض الحفر الوعائية الكبيرة بحيرات مائية صغيرة . ويحدث ذلك حيثما تكون هناك طبقة رسوبية غير نفاذة المياه تحت المنطقة . وقد يؤدي انهيار سقف بعض الكهوف السفلية إلى تكوين حفر وعائية جديدة أو تعميق وتوسيع الحفر الوعائية الموجودة فعلا . والحفر الوعائية هي الطرق الرئيسية لوصول المياه السطحية إلى الأجزاء الداخلية من طبقات الصخور ومن ثم تنحدر في المراديب والانهيار السفلية نحو المنخفضات التي تليق عندها بشكل مهيون .

والمناطق التي توجد فيها السهول الكارستية كثيرة في العالم ، وأشهرها هي المنطقة التي درست فيها الظاهرات الكارستية لأول مرة ، والتي أخذت منها اسمها وهي منطقة «كارست» على ساحل البحر الأدرياتي في يوغوسلافيا ، وتوجد غيرها مناطق أخرى كثيرة من نفس النوع في العالم ، ومن بينها في الوطن العربي بعض أجزاء جبال لبنان ، وبعض أجزاء شمال برقة في ليبيا وبعض أجزاء المغرب العربي . كما توجد سهول من نفس النوع في أقصى جنوب إيطاليا (في منطقة كيب الحذاء) وهي عبارة عن سهول صغيرة وسط الجبال ، وفي أمريكا الشمالية توجد أمثلة لهذه السهول حول خليج المكسيك وفي وسط شبه جزيرة فلوريدا وغيرها .

الفصل الحادي والعشرون

الهضاب والجبال

اولا — الهضاب PLATEAUS

ظروف نشأتها:

إن أهم ما يميز الهضاب عن السهول هو شدة انحدار جوانبها التي تظهر أحيانا بشكل حافات قائمة أو شديدة الانحدار . ويسعى في هذا أن تكون هذه الجوانب قد تكونت بفعل النحت النهري أو النحت البحري أو التعديع . كما تتميز عنها كذلك بشدة عمق وديانها وضيقها وشدة انحدار جوانبها حتى أن بعضها يظهر بشكل أخاديد وخوائق عميقة . ويرجع ذلك إلى نشاط الأنهار في حفر وديانها بسبب بدء مسعى القاعدة عن سطح الأرض . وقد كانت كثير من الهضاب عبارة عن سهول ، ولكنها ارتفعت وتقطع سطحها بواسطة وديان عميقة أو بواسطة التعديع فأخذت تظهر الهضاب .

ولكن هناك شروطا لابد من توفرها لتكون هذه الهضاب منها :
 (١) أن ترتفع المنطقة السهلية حتى يعلو مستوى سطحها عن مستوى القاعدة بقدر يكفي لتنشيط الأنهار في عمليات النحت الرأسى وتعميق الوديان . ويوفر هذا الشرط غالبا في المناطق التي أصابها حركات رفع حديثة ، والمناطق التي تراكت فوقها غطاءات سمكية من اللافا . (٢) ألا تكون المنطقة قد وصلت إلى مرحلة التعديع أو الشيخوخة حتى لا يكون سطحها الأصلي قد اختفى بفعل التعرية (٣) أن تكون صخور الطبقة السطحية للمنطقة شديدة الصلابة حتى تحمي الطبقات التي تحتملها من هوانل التعرية والتآكل

وبما أن التعرية المائية هي التي تلعب الدور الأكبر في تقطيع المنطقة وتعريضها فإن هضاب الأقاليم الرطبة تتآكل أسرع من هضاب الأقاليم الجافة وشبه الجافة ، ولهذا السبب فإن أعظم هضاب العالم توجد في الوقت الحاضر في الأقاليم الجافة .

ومن المظاهر الفيزيوجرافية التي يكثر وجودها في الهضاب ، الأخاديد الضيقة الغائرة التي تنحدر جوانبها نحو القاع بشكل جدران قائمة أو جروف شديدة الانحدار . ويقعها غالباً ضيقة بدرجة لا تسمح بمد الطرق فيها إن كانت جافة ، أو باستخدامها للملاحة إن كانت بها مياه جارية . وتقطع جوانب معظم الهضاب تقطعها يكاد يكون منتظماً بواسطة كثير من الوديان التي تنحدر عليها نحو السهول المجاورة . وفي المناطق الجافة تكون هذه الوديان قصيرة وينتهي كل منها بدلتاً أرضية تتكون على السهل المجاور للجبل . وعلى أساس العامل الرئيسي الذي أدى إلى ارتفاع الهضبة وظهور حافاتها . تنقسم الهضاب إلى عدة أنواع أهمها : (١) الهضاب الصاعدة وهي التي تكونت حافاتها على امتداد صدوع في قشرة الأرض ، وأشهرها هي « الهورست » التي تتكون نتيجة لاندفاع الأرض بين صدعين متقابلين . (٢) هضاب اللافا (أو غطاءات اللافا) وهي التي تتكون من تراكم كميات ضخمة من اللافا التي خرجت من شقوق القشرة وغطت مساحات شاسعة بطبقات يزيد سمكها أحياناً عن ألف متر ، (٣) هضاب ساهمت الحركات التكتونية في رفعها .

وتوجد الهضاب بأنواعها المختلفة في كل القارات ، وخصوصاً في الأقاليم الجافة وشبه الجافة ، ففي أمريكا الشمالية يوجد نطاق من الهضاب الرسوبية إلى الشرق مباشرة من جبال روكي ، وخصوصاً في الولايات المتحدة ، وهذا

النطاق هو الذي يشتهر كذلك باسم السهول العظمى Great Plains ، لانه كان في الاصل عبارة عن سهول فيضية تكوّن من دلتاوات الوديان التي كانت تنحدر على جوانب الجبال ، ثم تعرضت الارتفاع أثناء الحركات التي تعرضت لها جبال روكي نفسها ، ونتيجة لهذا الارتفاع تغيرت مهمة الانهار التي كونت الدلتاوات الارضية من عملية الارساب إلى عملية الحفر وأخذت تعمق وديانها في هذه السهول التي أخذت مظهرا أقرب إلى مظهر الهضاب منه إلى مظهر السهول بسبب الارتفاع وكثرة الخوازيق العميقة .

ومن الهضاب الاخرى المشهورة في أمريكا الشمالية هضبة مسوري ، وهي هضبة عظيمة الاتساع تشغل سطح الولايات الواقعة إلى الشمال من نهر بلات Platte River ، وهضبة كولومبيا ، وهي هضبة من اللاف تشغل مساحة شاسعة في ولايات ووشنجتن وأوريغون وإيداهو ، ويزيد سمك اللافا التي كونتها عن ألف متر ، وقد غطت هذه اللافا كل مظاهر التضاريس الأصلية تحتها ، ولكن على الرغم من أن كل هذه المنطقة يطلق عليها لفظ هضبة إلا أن مناطق واسعة منها لا ينطبق عليها هذا الوصف ، لأنها تعرضت للانثناء فأصبحت أقرب إلى الجبال منها إلى الهضاب . والاخاديد التي تقطع هذه الهضبة أقل من الاخاديد التي تقطع الهضاب المعتادة ، لأن سطحها لم يقطع بعد تقطعا كاميا ، ومع ذلك فإن نهر كولومبيا ونهر ستيك وروافدها قطعت فيها وديانا شديدة العمق . وهناك أيضا هضبة كولورادو ، وهي هضبة مكونة من طبقات رسوبية سمكية تتركز على قاعدة بلورية ، ويعتبر خانق كولورادو أهم ظاهرة فيزيوغرافية فيها ، وخصوصا في قسمة الوجود في أريزونا ، حيث يشتهر هنا باسم خانق كولورادو العظيم Grand Canyon of the Colorado River . وهو خانق ضيق جوانبه

قائمة . ونهر كولورادو نفسه نهر ذو صرف داخلي وتغذيته عدة روافد لكل منها واد عميق يتناسب حجمه والمضبة نفسها مكونة من طبقات رسوبية يديد سمكها على ألف متر ، وهي تتركز على قاعدة من معخور البلورية العملاقة . وقد استطاع نهر كولورادو أن يشق مجراه إلى مقي يبلغ في بعض الأماكن ١٥٠٠ متر في طبقات المعخور الرسوبية والمعخور البلورية التي تحتها .

ولا توجد مضاب كثيرة في المناطق الرطبة من أمريكا الشمالية ، وهي ظاهرة تشترك فيها كل القارات تقريبا ، وأهم المضاب الموجودة في هذه المناطق هي مضبة كمبرلاند Cumberland التي تشمل بعض الأجزاء الغربية من الابلاش في مقاطعتي كنتاكي وتينيسي ، وبعض الأجزاء الصغيرة في شمال إنديانا . وقد ساعد على إلقاء هذه المناطق الهضبية أن الطبقة السطحية من صخورها شديدة الصلابة .

وفي أمريكا الجنوبية تمثل المضاب في منطقتين رئيسيتين هما جنوب البرازيل في الشمال ، وباناجونيا في الجنوب . ففي البرازيل تتكون المضاب الداخلية من معخور رملية وغطاءات من اللافا . وتتركز كلها على معخور بلورية قديمة ، وهي مقطعة بواسطة روافد نهر الأمازون ونهر البارانا . أما مضبة باناجونيا فقد تكونت بنفس الطريقة التي تكونت بها مضبة مسوري في أمريكا الشمالية ، حيث أنها كانت في بداية الأمر سهلا رسوبيا مكونا من دلتاوات جافة في حوض الجبال ، ثم تعرضت لحركة رفع كبيرة بسبب الحركات الأرضية نتجولت مهمة الانهيار من الارساب إلى الحفر نقطت لنفسها وديانا عميقة في سطحها . وكانت هذه الانهار من

نشطة في العصر الجليدي وما بعده بسبب المياه التي تدفقت فيها من الجليد المنصهر على جبال الانديز .

وبالنسبة لقارة إفريقيا فإن هذه القارة توصف أحيانا بأنها هضبة كبيرة لأن كل حوافها تقريبا قائمة أو شديدة الانحدار ، كما أن مساحات كبيرة من سطحها تنطبق عليها صفات الهضاب ، ومع ذلك فإن المناطق التي ينطبق عليها هذا الوصف بدقة قليلة ، فمعظم سطح القارة مكون من سهول واسعة توجد بداخلها كتل جبلية مرتفعة . ويوجد في وسط القارة نطاق من الهضاب التي تمثل اندفاعات من القاعدة الأركية القديمة ، ومن أكبرها هضبة البحيرات التي تنحصر بين فرعي الوادي الصدعي العظيم . وتعتبر هضبة الحبشة كذلك من أكبر الهضاب الإفريقية . وهي مكونة من طبقات مميكة من اللافا ، وتبرز على سطحها كثير من الكتل الجبلية المرتفعة التي تمثل هي الأخرى مخروطات بركانية كبيرة ، كما تقطعها كثير من الوديان النهرية العميقة ، ويكون معظم الصومال وكينيا كذلك من مناطق هضبية يغلب على سطحها الاستواء رغم وجود بعض القمم البركانية العالية . ويمكننا أن نعتبر كل جنوب إفريقيا إلى الجنوب من حوض الكونغو هضبة كبيرة ماعدا السلاسل الجبلية التي تكون منها جبال دراكنزبرج في الشرق ، والسواحل الساحلية المنخفضة المجاورة للمحيطين الهندي والاطلسي . وفي أقصى الشمال توجد هضبة الشطوط بين سلاسل جبال أطلس الثل في الشمال وأطلس الصحراء في الجنوب .

وفي آسيا توجد عدة هضاب منها هضاب صيدية شاسعة أهمها هضبة الدكن ، التي نشأت نتيجة لتصدع قارة جندوانا القديمة ، وهضبة التبت التي نشأت بسبب نفس الحركات التي كونت جبال الهيمالايا في الزمن الثالث الجيولوجي ، وهضبة آسيا الصغرى ، التي تكونت أثناء الحركات الانشائية الكبرى التي حدثت ، الز الجيولوجي الثالث .

وتعتبر هضبة غرب استراليا كذلك هضبة صناعية شاسعة قديمة ، وترجع
في نشأتها إلى الزمن الثاني عندما تصدعت جندرانالا . وانفصلت عنها استراليا
وهضبة الدكن .

وفي أوروبا تعتبر هضبة أسبانيا أكبر هضاب القارة . وهي هضبة صناعية
تعرضت لبعض الحركات الأرضية التي صاحبت الحركات التي كونت جبال
الألب في الزمن الثالث ، وسطحها مقطع بواسطة كثير من الوديان النهرية .
كما توجد في هذه القارة بعض الهضاب الصناعية من نوع « المورست »
وخصوصا في منطقة الفوج والغابة السوداء حول نهر الراين .

ثانياً — الجبال والتلال MOUNTAINS and HILLS

مفهوم الجبل والتل : المقصود بالجبل هو المرتفع الذي يبرز فوق سطح
الأرض لبعض مئات أو آلاف من الأمتار وتكون له جوانب شديدة الانحدار .
ويشارك التل مع الجبل في الارتفاع وشدة انحدار الجوانب ، ولكنه يكون مادة
أقل منه ارتفاعاً ، وقد لا يزيد ارتفاعه عن بضعة عشرات من الأمتار ... ومع
ذلك فإن لفظ « جبل » كثيراً ما يطلق على بعض التلال . ويحدث ذلك بصفة
خاصة في البلاد السهلية ، وتكون التسمية في هذه الحالة بمثابة خطأ شائع
يمكن التجاوز عنه ، ويمكن اعتبار كلمة جبل في هذه الحالة جزءاً من الاسم
نفسه ، وذلك بنفس الطريقة التي يستخدم بها اللفظ « بحر » للدلالة على
بعض الأنهار أو بعض البحيرات .

والمناطق الجبلية على هذا الأساس هي المناطق التي توجد بها جبال وتلال
بارزة جوانبها شديدة الانحدار ، وهذا فرق أساسي بينها وبين السهول . ومع
ذلك فإن معظم الجبال الكبرى لا تزيد درجة انحدار جوانبها (وخصوصاً

عند قمتها) عن ٣٥° ، وذلك نتيجة للنشاط عوامل التجوية وعوامل التعرية .
وعند الكلام على الجبال والتلال تستخدم عادة بعض التعبيرات الشائعة
مثل « سلسلة الجبال أو التلال Range of Mountains or Hills » ويقصد
بها عدد من الجبال الممتدة على خط واحد والمعتاد هو أن تكون كل جبال
السلسلة الواحدة متجانسة في أشكالها وعمرها وتركيبها الجيولوجي . وقد
يستخدم تعبير مجموعة جبلية Group للدلالة على مجموعة من القمم والحافات
المقاربة في أحجامها ولا يشترط أن تكون مرتبة بنظام معين ، ولكنها
تكون غالبا موزعة في منطقة دائرية تقريبا .

ويطلق تعبير « النظام الجبلي Mountain System » على سلاسل أو
مجموعات الجبال المرتبطة بعضها في المظهر والموقع والتركيب ، والمفصولة عن
بعضها بوديان كبيرة وأحواض منخفضة ومثال ذلك نظام جبال روكي .
ويستخدم غالبا هذا تعبير « مجموعة سلاسل الجبال » ، ويطلق تعبير كورداليرا
Cordillera على عدة نطاقات أو عدة سلاسل جبلية كبيرة ، ولكن يلاحظ
أن هذا اللفظ كان يستخدم من قبل للدلالة على أى سلسلة جبلية عظيمة
الامتداد . ولكن هذا الاستخدام لم يعد يظهر بكثرة في الوقت الحاضر .

أهمية الجبال : بخلاف السهول فإن الجبال هي أقل مظاهر التضاريس
صلاحية لتوسع الزراعي بسبب شدة انحداراتها وانخفاض تربتها باستمرار ،
ولكن وجدت بها بعض الأحواض التي تصلح للزراعة فإنها تكون صغيرة
ولا تصلح الانتاج على نطاق واسع ، كما أنها لا تسمح بقيام مراكز عمرانية
كبيرة . وهي تعتبر في نفس الوقت عوائق أمام المواصلات البرية المختلفة ،
ومع ذلك فإنها تساعد على وضع حدود سياسية واضحة ، وكثيرا ما تحصى

على ثروات معدنية كبيرة ، كما يمكن الاستفادة منها كمنتجات ضيغية وأما كن
لممارسة مختلف الرياضات ، والرحلات .

ونظراً لاعتدال التضاريس في مناطق الجبال فإنها تضم عادة بيئات معبانية في
أماكن متقاربة ، كما يتدرج المناخ على جوانبها من أسفل إلى أعلى ، لدرج
أنه قد يكون مدارها حاراً على سفوحها وقطبيا على قممها .

نشأتها : أهم عامل من العوامل التي ساهمت في نشأة الجبال هي حركة
الانتواء التي تعرضت لها قشرة الأرض خلال العصور الجيولوجية المختلفة
وأهمها الحركات التي حدثت في الزمن الجيولوجي الثالث . وقد سبق أن
تكلمنا عن كل هذه الحركات ، وذكرنا الجبال التي تكونت بسببها (١) .
وقد يلعب النشاط البركاني في ذلك دوراً هاماً في نشأة كثير من الجبال ، كما
تتدخل عوامل التعرية في تشكيلها .

النطاقات الجبلية الكبرى :

إن أول نظرة على خريطة تضاريسية للعالم تدلنا على أن معظم الاقاليم
الجبلية في العالم تمتد في نطاقات طولية ضخمة في كل القارات ، ولو أمعنا
النظر في امتداداتها لوجدنا أن نطاقاتها تمتد بشكل متصل على طول سواحل
المحيط الهادي كلها ثم تتعرج نحو الغرب عبر جنوب ووسط آسيا وغربها ثم
تواصل امتدادها في جنوب أوروبا وشمال غرب إفريقيا حتى المحيط الأطلسي .

ولكن هذه النطاقات تتباين فيما بينها من حيث امتداد جبالها وارتفاعها
ومدى تعلقها ، ففي غرب الولايات المتحدة والمكسيك والاسكا نجد أن
النظام الجبلي يشغل منطقة عظيمة الاتساع ، وتفصل سلاسل بعضها

عن بعض مساحات سلبية وهضاب ممتدة ، بينما تقل هذه السهول والهضاب في القسم الواقع في غرب كندا وفي أمريكا الوسطى ، ويكون النطاق الجبلية فيها أقل عرضا منه في المناطق الأولى ، ولكن الارتفاع يكاد يكون واحدا في كل المناطق . وفي أمريكا الجنوبية يتميز هذا النطاق بأنه أضيق ولكنه أعلى وأكثر اتصالا منه في أمريكا الشمالية . ويندر أن يقل ارتفاع سلاسل جباله عن ٣٠٠٠ متر .

وفي أوراسيا يتشابه القسم الغربي من هذا النطاق الجبلية إلى حد ما مع النظام الجبلية في غرب الولايات المتحدة من حيث تباين سلاسله ووجود أحواض نهريّة وسهول ممتدة بينهما ، مثل حوض نهر اليو وسهل المجر ، كما تقطعه كثير من الفجوات التي يسهل المرور عبرها ، مثل الفجوة التي يمر فيها نهر الرون في فرنسا نحو البحر المتوسط ، والفجوة التي يوجد فيها بوقازا الدردنيل والبسفور ، والتي تعمل بين البحر الأسود والبحر المتوسط .

وبلاحظ أن سلاسل هذه الجبال تلتقي مع بعضها في نقطة واحدة في شمال غرب الهند ، وهي النقطة التي تشتهر باسم « عقدة البامير » ، ولكنها لا تلبث أن تعود لتتفرع مرة أخرى نحو الشرق بحيث تنتشر في كل شرق آسيا ، بل وتمتد في الجزر الواقعة قرب الساحل الشرقي للقارة . وهذا هو أعرض أجزاء الانطافات الجبلية الكبرى في العالم ، وأكثرها تعقيدا ، ومن هنا تتفرع السلاسل الجبلية نحو الشمال الشرقي إلى بوقاز بيرنج وجزر ألوشيان وألاسكا حيث تلتقي بالنطاق الجبلية في غرب أمريكا الشمالية ، كما تتفرع سلاسل أخرى نحو الجنوب الشرقي عبر الهند الصينية والملايو إلى الجزر الاندونيسية ومنها إلى الجنوب حيث تلتقي بالنطاق الجبلية في شرق أستراليا ونيوزيلندا .

أما قارة إفريقيا فلا يوجد بها نظام جبلي خاص بها ، وكل ما يوجد بها هو فرع من المناطق الجبلية الأوراسية الذي يمتد غرب البحر المتوسط وتتكون منه سلاسل جبال أطلس . وفيها هذا ذلك فإن جبال إفريقيا الأخرى موزعة في أماكن متفرقة . والمناطق الوحيدة التي يمتد لمسافة كبيرة هو مناطق الوادي الانكساري العظيم الذي يمتد في شرق القارة بين الشمال والجنوب ، ومع ذلك فإنه يختلف في مظهره وتركيبه وتاريخه الجيولوجي من أي نطاق آخر من النطاقات الجبلية التي تكلمنا عنها .

ويحقق امتداد النطاقات الجبلية الكبرى التي سبق ذكرها مع المناطق التي ملأت معرضة لحدوث الزلازل والبراكين ، مما يدل على أنها ما زالت غير مستقرة تماما . وهي نفس المناطق التي تعرضت أكثر من غيرها للحركات الأرضية التي حدثت في الزمن الجيولوجي الثالث ، والتي اشتهرت باسم الحركات الألبية ، وكانت أهم نتائجها هي حدوث الانشعاقات التي كونت هذه النطاقات الجبلية (١) .

وبالإضافة إلى هذه النطاقات فإن هناك نطاقات جبلية أخرى أقل منها امتدادا وارتفاعا . وقد نشأت هي الأخرى نتيجة لحركات تكتونية أدت إلى حدوث حركات انثنائية في قشرة الأرض ، ولكنها كانت أقدم بكثير من الحركات التي كونت النطاقات السابقة . فقد تكون أغلبها في الزمن الجيولوجي الأول نتيجة للحركات التي سبق أن شرحناها ، وهي الحركات الكاليدونية ثم الحركات المرسيلية . وقد نفذت هذه الجبال معظم ارتفاعاتها في الوقت الحاضر بسبب تعرضها لعوامل التعرية المتناقصة خلال عشرات الملايين من السنين التي مرت منذ نشأتها حتى الآن . وعلى الرغم من

أن كثيرا من مناطقها قد أصابها حركات زلزالية أخرى في زمنية أحدث من الزمن الأول فأنها لم تكن كافية لإحداثها هذه ارتفاعاتها الأصلية . ومن أمثلة هذه الجبال جبال الألب في شرق الولايات المتحدة وجبال اسكندنافية ، وجبال الجور البريطانية وجبال الأورال في أواسط الاتحاد السوفيتي .

الجبال البركانية وجبال الكتل الباطنية :

المقصود بهذه الجبال هي الجبال التي تتكون من المخروطات البركانية أو من كتل الباتوليت أو اللاكوليت التي ظهرت على السطح بسبب الحركات الأرضية ، أو بسبب إزالة عوامل التعرية لما فوقها وما حولها من تكوينات رسوبية ، بحيث أن ذلك يؤدي إلى ظهورها بشكل كتل جبلية أو قباب مختلفة الأحجام . وعندما تسقط عليها الأمطار فإن نظام الصرف الذي يكون عليها يمرور الوقت يكون هو النظام المتشعب الذي تبدأ فيه كل الوديان من نقطة واحدة في أعلى القمة ، ومنها تتوزع في جميع الاتجاهات .

وبخلاف الجبال الالتوائية التي تتكون عموما من صخور رسوبية ، وخصوصا الصخور الجيرية ، فإن صخور الجبال البركانية (باستثناء البراكين الطينية) كلها صخور نارية ، ويتعلق هذا كذلك على صخور الجبال التي نشأت من ظهور الباتوليت أو اللاكوليت ، غير أن جانبها كثيرا من صخورها يكون من الأنواع المتحولة بسبب الضغط والحرارة الشديدين اللذين تعرضت لهما قبل ظهورها . وقد نشأت من ظهور كتل الباتوليت بالذات في بعض المناطق نطاقات جبلية كبيرة من أمثلتها جبال البحر الأحمر في مصر والسعودية وشبه جزيرة سيناء وبعض هضاب وسط إفريقيا .

وتبدأ الجبال البركانية في أعمارها تباعدا كبيرا جدا ، فمنها ما نشأ نتيجة

لثورانات بركانية ترجع إلى أقدم العصور الجيولوجية ولم يعد لها أى أثر في الوقت الحاضر ، حتى أن المخروطات التي مشأت بسببها قد فقدت معالمها . ومنها ما نشأ من ثورانات حديثة ومارات معروضة للثوران في أى وقت حتى الآن . وقد سبق أن قسمنا البراكين على هذا الأساس إلى براكين خادرة وهي التي انتهت تماماً منذ وقت طويل ، وبراكين هادئة وهي التي انتهى ثورانها منذ عهد قريب . إلا أن احتمال ثورانها مازال قائماً ، ثم براكين نشطة وهي البراكين التي تبدو عليها مظاهر النشاط في الوقت الحاضر ، لكن من الممكن أن تقور في أى لحظة .

وتوجد أغلب الجبال البركانية في نفس النطاقات التي توجد فيها الجبال الانشائية الحديثة ، وهي النطاقات الجبلية الكبرى التي سبق الكلام عليها ، ولذلك فإنها تكثر على امتداد كل المرتفعات الممتدة حول المحيط الهادى في الأمريكتين وآسيا والأوقيانوسية ، كما تكثر على امتداد النطاقات الجبلية الكبرى عبر أواسط آسيا وجنوبها وغربها وفي جنوب أوروبا وشمال غرب إفريقيا ، كما تكثر أيضاً في منطقة الوادى المصدعى العظيم في شرق إفريقيا ، وتنتشر في كثير من الجزر المحيطية مثل جزر هاواي في المحيط الهادى وجزر كنارى وبعض جزر البحر الكاريبي في المحيط الاطلسي ، وجزيرة مدغشقر في المحيط الهندي .

وتختلف المخروطات البركانية في أشكالها على حسب نوع اللابا المكونة لها . وقد سبق أن ذكرنا أن مخروطات اللابا الحمضية تكون قائمة ، بينما تكون مخروطات اللابا القاعدية مفلطحة . ونكلمنا كذلك على ناكل المخروطات البركانية (العربة وما ينتج عن ذلك من مظاهر^(١)) فذكرنا أن فوهة

(١) راجع الفصل الثاني عشر .

الفصل الثاني والعشرون البحيرات والمستنقعات

نشأة البحيرات :

بغض النظر عن البحيرات الصناعية التي تتكون أمام السدود مثل البحيرة التي كونها السد العالي في جنوب مصر وبحيرة Moud التي كونها سد هوفر على نهر كولورادو في الولايات المتحدة، فإن البحيرات تنشأ عادة في أحواض أو منخفضات طبيعية . وهي تتباين تبايناً كبيراً فيما بينها في الاتساع والعمق والتمدد ، فبينما لا يزيد قطر بعضها عن عدة أمتار فإن قطر بعضها الآخر قد يصل إلى مئات الكيلو مترات . وبينما يكون بعضها عبارة عن بحار عميقة دائمة فإن بعضها الآخر يكون فصلياً ضيقاً لا يجتاز إلى به الماء في موسم المطر ويجف في موسم الجفاف ، بل إن بعضها قد يجف نهائياً بسبب التبخر أو بسبب امتلاؤه بالرواسب ، أو بسبب مرور نهر في وسطه . ففي الحالة الأخيرة يؤدي انحسار النهر على الحافة السفلى للبحيرة إلى تخفيض هذه الحافة تدريجياً وإلى انصراف مياه البحيرة إلى مجرى النهر .

وليس من السهل حصر عدد الأحواض التي يمكن أن تتكون فيها البحيرات في كل العالم ، ولكن لا بد أنها تعد بالملايين . وعلى أي حال فإن عددها ليس ثانياً بل يتعرض للتغير من يوم إلى آخر لأن عملية تكوين الأحواض واختفائها تعتبر من العمليات الطبيعية المستمرة .

ولدراسة البحيرات أهميات جغرافية واقتصادية متعددة مثل أهميتها كمصادر للمياه أو كمصادر لاستخراج الرواسب الملحية ذات القيمة الاقتصادية أو كمصادر للثروة السمكية، أو كمنطق للسياحة والترفيه كما تهتم الجيولوجيون

بدراسة رواسب البحيرات وتطور شواطئها من أجل معرفة التغيرات المناخية والجيولوجية التي حدثت في مناطقها في العصور المختلفة .

وتنشأ الأحواض الطبيعية التي يمكن أن تتكون فيها البحيرات نتيجة لعوامل كثيرة ومتباينة لا يسهل حصرها ، ولكن من الممكن أن نذكر العوامل التي ساهمت في تكوين الأنواع الشائعة منها كما يأتي :

(١) انسداد وادي نهري نتيجة لانزياح أرضي ، أو نتيجة لتراكم الرواسب التي يحملها إليه رافد جانبي ، أو نتيجة لحدوث حركة رفع في جزء من قاعه أو لحدوث ثوران بركاني في وسطه .

(٢) تكوين كولدبرا في أعلى أحد البراكين نتيجة لانسحاق فوهته ، (٣) التبعث الجليدي أو المائي في سطح الأرض ، (٤) لتجوية والتعرية الهوائية في المناطق الصحراوية ، (٥) انهيار أسقف الكهوف في المناطق الكارستية (٦) اقتطاع إحدى التفتات النهرية ، وتكوين بحيرة مقطوعة (٧) انسداد خليج بحري بسبب تكون حاجز رسوبي في مدخله .

وتكثر البحيرات بطبيعة الحال في الأقاليم المطيرة ، حيث يظهر في كثير من الأحيان محدد من البحيرات التي تعمل بعضها على طول مجرى أحد الأنهار مثل البحيرات العظمى المرتبطة بنهر سانت لورنس ، والبحيرات المتصلة بنهر النيل عن طريق نيل البرت .

أما الأقاليم الجافة فمن الطبيعي أن تكون بحيراتها أقل عددا وأقل ماء . كما أن الكثير ينشأ بالماء في فصل المطر ثم يجف بالتدرج في فصل الجفاف ، بل إن بعضها لا تجميع فيه الماء إلا لبضعة أيام أو بضعة أسابيع من كل سنة . ويطلق على هذا النوع من البحيرات في المناطق الجافة في غرب الولايات المتحدة تعبير "بحيرات البلايا" والمقصود بكلمة "بلايا" هو المسطح الجاف

الذي يتخلف بعد تبخر كل مياه البحيرة ، و يكون هذا المسطح في بعض الأحيان لاهماً مائلاً للبياض بسبب الأملاح التي ترسب فوقه ، ولأنه يكون في أغلب الحالات مكوناً من رواسب طينية ناعمة مخاضه بالأملاح .

وبلدين التركيب الكيميائي لمياه البحيرات في الأقاليم الجافة من منطقة إلى أخرى حسب التركيب الصخري للمناطق التي تغذيها بالماء . ولذلك فإن مياه بعضها تحتوي على نسبة عالية من الأملاح التي أهمها كلوريد الصوديوم ، بينما تكون مياه بعضها الأخرى قلوية لثيرة ما بها من كربونات الصوديوم والبوتاسيوم ، أو تكون بها مرارة لكثرة ما بها من أملاح الصوديوم والسلفا ، أو تكون غنية بالبوراكس Borax وبعض الأملاح المشابهة له . وقد تكون بعض البحيرات غنية بالأملاح ذات القيمة الاقتصادية التي ترسب على قاعها بكميات تكفي أحياناً لاستغلالها استغلالاً اقتصادياً ، مثل أملاح البوتاس والبوراكس والصودا والبرومين والليثيوم Lithium .

ويطلق تعبير « البحيرات المطيرة Pluvial lakes » على بحيرات الأقاليم الجافة التي ترجع نشأتها إلى عصر مطير سابق أو إلى تجمع مياه الخليج المنصهر في عصر الجليد أو في أعقابها وتوجد أمثلة لهذه البحيرات في صحارى شمال إفريقيا ووسط وغرب آسيا وإفريقيا وشيلي . وأكبرها هي البحيرة التي تخلف عنها بحر قزوين الحالي والبحيرة التي تخلف عنها البحر الميت . وكلاهما يدخل في عداد البحيرات على الرغم من التسمية التي اشتراها بها .

المستنقعات

تعريفها وأصلها : المستنقع هو الأرض المشبعة بالماء والتي قد تبقى على سطحها بعض المياه التي تزيد عما تحتاجه للتشبع . وهي تتكون في التي لا تبخر مياهها أو تتسرب نحو الباطن بسرعة التي تكفي لتجفيفها .

وهي تمثل مرحلة متوسطة بين الارض الجافة والبحيرات . وقد تمر المنطقة الواحدة خلال السنة الواحدة بالراحل الثلاث ، فيكون ساحها جافا في موسم الجفاف ثم تتحول إلى مستنقع في أرائل موسم المطر ثم إلى بحيرة في أواسطه وأواخره ، ثم تعود بعد ذلك إلى نفس الحالات بطريق عكسي . ولكن لا يشترط أن تمر المنطقة بكل هذه المراحل ، بل إنها قد تمر في مرحلتين اثنتين منها فقط ، فلا تمر إلا في مرحلتى الجفاف والمستنقع أو مرحلتى المستنقع والبحيرة .

والاعتاد هو أن تتكون المستنقعات في الاراضى المنخفضة نسبيا ، ولكنها قد تتكون كذلك في المناطق المستوية التي يغطيها غطاء نباتي كثيف . لأن جذور النباتات وعيدانها تؤدي إلى توزيع المياه وتشيتها فلا تسمح بكون مجار مائية محددة ، ولذلك فإن المياه تتجمع على السطح ولا تنصرف إلا بالتصريف في التربة .

وتنتشر معظم المستنقعات في أنواع خاصة من الاراضى وهي الاراضى الساحلية المنخفضة والسهول الرسوبية ، ومناطق التعرية الجليدية التي تتجمد أرضها باستمرار .

وفي المناطق الساحلية يتكون نوعان من المستنقعات ، النوع الاول منها هو مستنقعات المد Tidal Marshes ، وهي المستنقعات التي يغمرها الماء أثناء المد وينحسر عنها أثناء الجزر . وهي تشغل الاراضى المنخفضة المحيطة بمصببات الانهار ، وحول الألسنة الرسوبية الممتدة ببحوار البحر ، وعلى الشواطىء المنخفضة للخلجان المحلة الضيقة التي تمتلئ بماء المد وتجف بانحسارها . وتنمو في هذه المستنقعات كثير من النباتات المائية التي تتحمل الملوحة . وهذه المستنقعات هي التي تشتهر كذلك باسم السبخات .

أما النوع الثاني فيحتوى على مياه عذبة ويشغل أحواضا ضحلة مفصولة عن البحر في السهول الساحلية المستوية . وتوجد أمثلة كثيرة لها على امتداد خليج المكسيك في جنوب الولايات المتحدة وعلى ساحل إيطاليا في جنوب غرب مدينة روما .

أما مستنقعات المناطق الرسوبية فتوجد بكثرة في السهول الفيضية والدلتاوات المنبسطة، حيث تتجمع المياه في القنوات المتروكة وخلف الجسور الطبيعية ، أو تبقى على سطح الأرض بسبب وجود كثير من النباتات الطبيعية التي تثبتها على السطح وتحول دون جريانها .

أما مستنقعات البحيرة الجليدية فتوجد في الأحواض الكثيرة التي تنتشر بأحجام مختلفة في المناطق التي زحف عليها الجليد خلال العصور الجليدية ، وهي تعد بالملايين ، ويشغل بعضها أحواضا تحتها الجليد ، ويشغل الآخر مناطق محصورة بين الرواسب الجليدية .

أما مستنقعات الأراضي المجمدة ، فتوجد في بعض الأقاليم الباردة التي تظل تربها السطحية دائمة الجمد Permafrost ، فإذا ما انصهرت التربة السطحية وانصهرت الثلوج المتروكة فوقها ، فإن المياه لا تستطيع أن تتسرب إلى أسفل ، كما أنها لا تستطيع أن تنصرف بالجريان إذا كانت الأرض سطحية منبسطة فتتجمع على السطح وتتكون منها مستنقعات يكون أغلها غنيا بالطحالب والاعشاب والحشائش . تتحمل شدة البرودة .

رواسب المستنقعات : تتكون الرواسب التي تراكمت في المستنقعات على نسبة كبيرة من المواد العضوية مثل البيت ، الذي يتكون من المواد النباتية المعحلة تحملا جزئيا . وهو يستخدم بعد جفافه كنوع ردى من الوقود في حالة عدم توفر الفحم أو البترول . ويعتبر البيت في الواقع مرحلة من المراحل الأولى

لتكون الفحم . وعلى الرغم من أن طاقته الحرارية محدودة فإنه ذو قيمة اقتصادية كبيرة في بعض المناطق . وبجانب هذه المواد العضوية فإن رواسب المستنقعات تحتوي كذلك على كثير من المواد غير العضوية مثل الصلصال والطمي . ونظرا لأنها تكون عادة موجودة في أراض مستوية فإنها تكون مخالية من الرواسب الخشنة التي تنقلها المياه الجارية .

تصرف مياهها واستخدام أراضيها وكما هي الحال بالنسبة للبحيرات فإن المستنقعات لا تلبث أن تجف بانصراف مياهها إلى الأنهار ، كما أنها تجف صناعيا في كثير من المناطق لاستخدام أراضيها لأغراض مختلفة . ويكون تجفيفها عادة يشق المصارف في وسطها لتصرف مياهها إلى البحر أو إلى أقرب نهر . ونظرا لأن تربتها تكون غالبا غنية بالمواد الدبالية Humus والمواد الصلصالية والطينية فإنها تكون بعد اصلاحها عظيمة الخصوبة . وتستخدم في الوقت الحاضر المصارف المقطاة لتصرف المياه من المستنقعات لتجنب كثير من المشاكل الصحية والأضرار الناتجة من المصارف المكشوفة . وتكون المصارف المقطاة أحيانا عبارة عن مواسير عمدة تحت الأرض .

بحيرات الاقاليم المطيرة :

تظهر هذه البحيرات عادة بشكل مجموعات متصلة ببعضها بواسطة مجار تصرف عن طريقها المياه من البحيرات الموجودة في أعالي النهر إلى البحيرات التي تليها على طول المجري نحو المصب ، وذلك لأن المياه التي تصل إلى هذه البحيرات تزيد كثيرا عن المياه التي تضيق منها بالتبخر . ومثال ذلك مجموعة البحيرات العظمى في شمال الولايات المتحدة وجنوب كندا حيث تصرف مياه كل بحيرة إلى البحيرة التي تليها بواسطة مجار صغيرة أقرب إلى البواغيز منها إلى الأنهار التي تليها إلى نهر سانت لورانس ، ومن ثم إلى المحيط

الاطلسي . وتبلغ كمية المياه المختزنة في هذه البحيرات حوالي ٦٠٠٠ ميل مكعب . وهذه المياه هي التي تنظم الجريان المستمر للماء في نهر سنت لورنس وعلى شلالات نياجرا ، ويقدر أن هذه المياه تكفي لأن يسعمر تدفقها على شلالات نياجرا بنفس معدلها الحالي لمائة سنة قادمة حتى ولو لم تسقط أمطار جديدة .

وتوجد أمثلة أخرى كثيرة من هذه السلاسل من البحيرات في كثير من الاقاليم المطيرة في مختلف جهات العالم ، ومنها البحيرات التي تغذي نهر النيل عن طريق نيل ألبرت وتشمل بحيرات إدوارد وجورج وألبرت .

المراجع

أولا - المراجع العربية

١ - ابراهيم وزلالة وآخرون - أسس الجغرافيا الطبيعية -

القاهرة - ١٩٥٤

٢ - جودة حسنين جودة - معالم سطح الأرض - بيروت - ١٩٦٦

٣ - حسن أبو العينين - كوكب الأرض - الاسكندرية - ١٩٧٤

٤ - محمد ابراهيم فارس ومحمد يوسف حسن - الجيولوجيا العامة

والتطبيقية - القاهرة - ١٩٦١

٥ - محمد صفى الدين أبو العز - قشرة الأرض - القاهرة - ١٩٥٧

٦ - محمد متولي موسى - وجه الأرض - القاهرة - ١٩٤٥

ثانيا - المراجع الإفرنجية

1 - R. B. Bunnet, " Physical Geograhpy in Diagrams " London, 1971.

2 - C H Cotton, " The Physical Geography of the Oceans, New York, 1971.

3 - C A. Cotton, " Landscape ", Wellington, 1918.

4 - G. A. Cotton, " Geomorphology ", New York, 1947.

5 - O. D. Von Engel, " Geomorphology ", New York, 1955

6 - E A. Fath, " Astoronomy " London, 1955.

7 - V C Finch and G. T. Trewartha " Physical Element
Geography ", New York 1949.

8 - M. G. Gross, " Oceanography ", Ohio, 1909.

- 9 — A. Holmes, "Principles of Physical Geology", London 1959.
- 10 — Sir James Jeans, "The Universe Around Us", C.U.P. 1960.
- 11 — N. K. Horrocks, "Physical Geography and Climatology"
London, 1962.
- 12 — L. C. King "Morphology of the Earth", Edinburgh, 1962.
- 13 — C. A. M. King, "An Introduction to Oceanography" New
York, 1963.
- 14 — P. Lake, "Physical Geography" Cambridge, 1949.
- 15 — A. K. Lobeck, "Geomorphology", New York, 1939.
- 16 — R. Longwell & R. Flint, "Introduction to Physical
Geology" London, 2nd ed 192.
- 17 — E. de Martonne, "A Shorter Physical Geography", New York
1919.
- 18 — F. J. Monkhouse, "Principles of Physical Geography",
London 1954.
- 19 — S. N. Monowitz, and D.B. Stone, "Earth Science" New York,
1965.
- 20 — C. P. Patton and Others, "Physical Geography" California,
190.
- 21 — R. F. Peel, "Physical Geography" London, 1965.
- 22 — G. L. Pickard "Descriptive Physical Geography of the
Oceans" Oxford, 1963.
- 23 — J. M. Van Piper, "Man's Physical World" New York, 1962.
- 24 — H. Robinson, "Morphology and Landscape", London, 1973.
- 25 — W. M. Smart, "The Origin of the Earth," a Pelican Book,
1950.
- 26 — B. W. Sparks, "Geomorphology", London 1967.
- 27 — A. J. Steers, "The Unstable Earth", London, 1961.
- 28 — A. N. Strabler, "Physical Geography", New York, 1969.

- 29 — , "The Earth Sciences", New York, 1963.
- 30 — , "Introduction to Physical Geography",
New York, 1970.
- 31 — W. D. Thornbury, "Principles of Geomorphology", New
York 1962.
- 32 — F. L. Whipple, "Earth, Moon and Planet's", Harvard U.P.,
1968
- 33 — S. W. Wooldrige and R. B. Morgan, "Physical Basis of
Geography", London 1960,
- 34 — P. G. Worcester, "A Textbook of Geomorphology", New
York, 1952

